

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA



MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

CONTRIBUIÇÃO PARA A MINIMIZAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA NO SUBSISTEMA EM BAIXA DA NAZARÉ

Tiago Carreira Pimpão

Orientadoras:

Dra. Fernanda Pereira

Eng. Anabela Durão

BEJA, 2012

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BEJA
ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA



MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

CONTRIBUIÇÃO PARA A MINIMIZAÇÃO DAS PERDAS DE
ÁGUA NO SUBSISTEMA EM BAIXA DA NAZARÉ

Tiago Carreira Pimpão

Orientadoras:

Dra. Fernanda Pereira

Eng. Anabela Durão

Dissertação apresentada no âmbito do trabalho de estágio, para obtenção do Grau de Mestre.

BEJA, 2012

AGRADECIMENTOS

No decorrer desta dissertação cruzei-me com algumas pessoas, que através da força, disponibilidade e sabedoria demonstradas me permitiram atingir o objectivo a que me propus, pelo que pretendo demonstrar-lhes o meu agradecimento.

À Eng.^a Anabela Durão e à Dra. Fernanda Pereira pela amabilidade em orientarem a minha tese, pela disponibilidade em me ajudar, pelo tempo dispendido e pelos ensinamentos que me transmitiram;

Ao Presidente do Conselho de Administração dos Serviços Municipalizados da Nazaré, Afonso Augusto Ova dos Santos, por me ter permitido desenvolver este trabalho e ter colocado à minha disposição os serviços desta entidade;

A todos os funcionários da Secção de Águas dos Serviços Municipalizados pela disponibilidade demonstrada para transmitir os conhecimentos adquiridos durante a sua vida profissional;

Aos meus colegas de trabalho nos Serviços Municipalizados da Nazaré pela força e motivação;

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse este trabalho;

Por fim, mas sempre em primeiro lugar, à minha família, em especial à minha esposa e à minha mãe, por toda a força, apoio, paciência e carinho que me dedicaram, sem vocês nada seria possível.

RESUMO

A água é um recurso natural indispensável à vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais. Face à escassez e importância da água, surgiu um novo tipo de gestão orientado para a eficiência e racionalização no uso deste recurso.

O presente trabalho teve como objectivo quantificação e eventuais medidas de controlo das perdas de água do subsistema de abastecimento de água em “baixa” da Nazaré.

A quantificação foi efectuada através da realização de balanços hídricos e de indicadores de desempenho, correspondentes ao ano de 2010. Constatou-se também uma taxa de perdas inferior à média nacional e uma redução do número de roturas de 2008 para 2010.

Palavras-chave: sistemas de abastecimento de água, balanço hídrico, indicadores de desempenho, medidas de controlo.

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to life, whether as a biochemical component of living beings, or as a way of life of many plant and animal species. Given the scarcity and importance of water, a new type of management oriented to efficiency and rational use of this natural resource.

This study aimed to quantify and identify possible control measures for water losses in the water supply subsystem in "low" of Nazaré.

Quantification was performed by conducting a water balance and performance indicators, corresponding to the year 2010. It was also a loss rate below the national average and a reduction in the number of ruptures from 2008 to 2010

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	III
RESUMO/ABSTRACT	IV
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABELAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
SIGLAS E ABREVIATURAS	XIII

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO	1
I.1 OBJECTIVO.....	4
I.2. ÁGUA.....	5
I.2.1. Quadro Legal e Normativo.....	5
I.2.2. Situação Mundial	7
I.2.3. Stress Hídrico e o Consumo Humano	7
I.2.4. Economia da Água	9
I.2.5. A Abordagem da Detecção e Controlo de Perdas em Portugal.....	11
I.2.6. As Entidades Gestoras dos Sistemas de Abastecimento de Água.....	13
II. METODOLOGIA	25
II.1 ÁREA DE ESTUDO	26
II.1.1. Localização Geográfica	26
II.1.2 Características Morfológicas	27
II.1.3. Solo	27
II.1.4. Clima.....	28
II.1.5. Demografia	28
III. REVISÃO DA LITERATURA.....	31
III.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	31
III.2 TIPOS DE PERDAS DE ÁGUA.....	31
III.2.1. Perdas Reais.....	32
III.2.1.1. Intervenções para Controlo de Perdas Reais	34
III.2.1.1.1. Medição Zonada	34
III.2.1.1.2. Gestão de Pressões.....	37
III.2.1.2. Localização de Fugas	40
III.2.1.3. Reparação do Sistema	45
III.2.2. Perdas Aparentes	47
III.2.2.1. Intervenções para Controlo de Perdas Aparentes.....	47
III.2.2.1.1 Combate à Utilização Fraudulenta.....	48
III.2.2.1.2 Gestão do Cadastro de Consumidores	48
III.2.2.1.3 Gestão dos Contadores Instalados	48
III.3 DIMENSÃO DOS BENEFÍCIOS DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA.....	49
III.3.1. Dimensão Ambiental	49
III.3.2. Dimensão Económica.....	49
III.3.3. Dimensão Técnica	50
III.3.4. Dimensão de Saúde Pública	51

III.3.5. Dimensão Social.....	51
III.4 EFEITOS DAS PERDAS DE ÁGUA	52
III.4.1. Danos nas Infra-estruturas.....	52
III.4.2. Efeitos sobre o Consumidor	53
III.4.3. Perdas Financeiras.....	53
III.4.4. Perdas Financeiras.....	54
III.5. FACTORES QUE INFLUENCIAM AS PERDAS DE ÁGUA	54
III.5.1. Pressão.....	54
III.5.2. Movimentação e Características do Solo.....	55
III.5.3. Estado de Conservação da Tubagem e Idade	55
III.5.4. Má qualidade dos materiais, equipamentos e mão-de-obra.....	56
III.5.5. Tráfego Pesado	56
III.5.6. Métodos de controlo das perdas	56
III.6. CONTROLO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	57
III.6.1. Implementação de um Plano de Controlo das Perdas de Água	67
III.6.1.1. Avaliação da Dimensão do Problema	68
III.6.1.1.1. Balanço Hídrico	69
III.6.1.1.2. Auditorias Anuais de Perdas.....	72
III.6.1.1.3. Indicadores de Desempenho	74
III.6.1.1.3.1. Indicadores do Desempenho Económico-Financeiro	75
III.6.1.1.3.2. Indicadores de Desempenho Técnico	77
III.6.1.1.3.3. Indicadores de Desempenho Ambiental	82
III.6.1.1.4. Avaliação Global e Tomada de Decisão	83
III.6.1.2. Definição de uma Estratégia de Controlo de Perdas	83
III.6.1.2.1. Definição de Objectivos Estratégicos	88
III.6.1.2.1.1. Nível Económico de Perdas Reais.....	88
III.6.1.2.2. Identificação e Caracterização Preliminares	89
III.6.1.2.3. Determinação do Nível Actual de Perdas	89
III.6.1.2.3.1. Perdas no Transporte e Perdas na Distribuição	89
III.6.1.2.3.2. Abordagem “bottom-up”	90
III.6.1.2.3.3. Abordagem “top-down”	91
III.7. NÍVEL ECONÓMICO.....	91
IV. ESTUDO DE CASO	93
IV.1 INTRODUÇÃO	93
IV.1.1. Caracterização do Sistema de Abastecimento em “Alta”	96
IV.1.2. Caracterização do Sistema de Abastecimento em “baixa”	100
IV.2. AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO DO PROBLEMA DAS PERDAS DE ÁGUA.....	106
IV.2.1. Balanço Hídrico.....	106

IV.2.1.1. Descrição do Sistema e Dados a Considerar.....	106
IV.2.1.2. Volume de Água Entrada no Subsistema em “baixa” da Nazaré.....	109
IV.2.1.3. Cálculo do Consumo Autorizado e da Água Facturada.....	109
IV.2.1.4. Estimativa do consumo de água não facturada	111
IV.2.1.5. Cálculo do consumo autorizado.....	114
IV.2.1.6. Perdas de Água Totais.....	115
IV.2.1.7. Perdas de Água Aparentes	115
IV.2.1.8. Cálculo das perdas reais.....	116
IV.2.2. Indicadores de Desempenho.....	119
IV.2.2.1. Indicadores Económico-Financeiros.....	119
IV.2.2.2. Indicadores Operacionais.....	120
IV.2.2.3. Indicadores de Desempenho Ambiental	120
IV.2.3. Avaliação Global do Subsistema em “baixa” da Nazaré.....	121
IV.2.4. Perdas Reais Identificadas.....	132
IV.2.5. Perdas Aparentes	143
IV.3. PLANO ESTRATÉGICO DE CONTROLO E REDUÇÃO DE PERDAS	146
V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	152
VI. BIBLIOGRAFIA	155

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CONSUMO DE ÁGUA POR HABITANTE.	8
TABELA 2 – MODELOS DE GESTÃO UTILIZADOS EM SISTEMAS DE TITULARIDADE MUNICIPAL OU INTERMUNICIPAL.	15
TABELA 3 – NÚMERO DE ENTIDADES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM FUNÇÃO DO MODELO DE GESTÃO E DOS SISTEMAS “ALTA” E “BAIXA” EXISTENTES EM PORTUGAL.	16
TABELA 4 – PANORAMA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ALTA.	19
TABELA 5 – PANORAMA DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM BAIXA.	23
TABELA 6 – POPULAÇÃO RESIDENTE E DENSIDADE POP. NO CONCELHO DA NAZARÉ 2001-2011	30
TABELA 7 – ORIGEM E MAGNITUDE DAS PERDAS REAIS.	33
TABELA 8 – SOFTWARE GRATUITO PARA CÁLCULO DO BALANÇO HÍDRICO E INDICADORES DE DESEMPENHO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.	59
TABELA 9 – ATRIBUIÇÃO DO ÍNDICE INFRA-ESTRUTURAL ILI AO SISTEMA DE BANDAS DO WBI.	61
TABELA 10 – ACTIVIDADES PRIORITÁRIAS RECOMENDADAS PARA AS BANDAS DO WBI.	62
TABELA 11 – COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO.	71
TABELA 12 – BANDA DE EXACTIDÃO DE DADOS RECOMENDADA PELA IWA.	73
TABELA 13 – BANDA DE FIABILIDADE DA FONTE DE INFORMAÇÃO.	74
TABELA 14 – ALOJAMENTOS E EDIFÍCIOS NO CONCELHO DA NAZARÉ.	95
TABELA 15 – RESUMO DOS 3 SUBSISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM “ALTA” DO CONCELHO DA NAZARÉ.	97
TABELA 16 – CARACTERÍSTICAS DOS SUBSISTEMAS DE ABASTECIMENTO EM “BAIXA” DO CONCELHO DA NAZARÉ.	100
TABELA 17 – INFRA-ESTRUTURAS DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO EM BAIXA.	102
TABELA 18 – CARACT. DAS ZONAS DE ABASTECIMENTO DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	104
TABELA 19 – DADOS COMPLEMENTARES DO SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	108
TABELA 20 – CÁLCULO DA ÁGUA ENTRADA NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	109
TABELA 21 – CÁLCULO DO CONSUMO FACTURADO MEDIDO NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	110
TABELA 22 – CÁLCULO DO CONSUMO AUTORIZADO NÃO FACTURADO MEDIDO NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	111
TABELA 23 – CÁLCULO DO CONSUMO AUTORIZADO NÃO FACTURADO NÃO MEDIDO NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	113
TABELA 24 – CÁLCULO DO CONSUMO NÃO FACTURADO NO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	114
TABELA 25 – CÁLCULO DAS PERDAS DE ÁGUA APARENTES DO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	116
TABELA 26 – BALANÇO HÍDRICO PARA O ANO DE 2010 NO SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO EM BAIXA DA NAZARÉ.	118

TABELA 27 – INDICADORES ECONÓMICO-FINANCEIROS DO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	119
TABELA 28 – INDICADORES OPERACIONAIS DO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	120
TABELA 29 – INDICADOR DE DESEMPENHO AMBIENTAL DO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	121
TABELA 30 – DADOS COMPLEMENTARES DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ PARA OS ANOS 2008, 2009 E 2010.	122
TABELA 31 – RESUMO DOS BALANÇOS HÍDRICOS DE 2008, 2009 E 2010 DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	123
TABELA 32 – RESUMO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO PARA OS ANOS DE 2008, 2009 E 2010 DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	125
TABELA 33 – DISTRIBUIÇÃO DAS ROTURAS COM CAUSAS “NATURAIS” POR ZONA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	139
TABELA 34 – DISTRIBUIÇÃO DOS CONTADORES EXISTENTES NO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ EM DEZEMBRO DE 2010.	143
TABELA 35 – DIÂMETRO DOS CONTADORES EXISTENTES NO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ EM DEZEMBRO DE 2010.	144
TABELA 36 – FASE PRELIMINAR DO PLANO ESTRATÉGICO DE CONTROLO E REDUÇÃO DE PERDAS.	148
TABELA 37 – FASE INTERMÉDIA DO PLANO ESTRATÉGICO DE CONTROLO E REDUÇÃO DE PERDAS.	149
TABELA 38 – FASE AVANÇADA DO PLANO ESTRATÉGICO DE CONTROLO E REDUÇÃO DE PERDAS.	150

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ENTIDADES GESTORAS EM ALTA EM FUNÇÃO DO MODELO DE GESTÃO.	17
FIGURA 2 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS ENTIDADES GESTORAS EM ALTA.	18
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DAS ENTIDADES GESTORAS EM BAIXA EM FUNÇÃO DO MODELO DE GESTÃO.	21
FIGURA 4 – DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E ÁREA DE INFLUÊNCIA DAS ENTIDADES GESTORAS EM BAIXA.	22
FIGURA 5 – MAPA DO CONCELHO DA NAZARÉ.	26
FIGURA 6 – EVOLUÇÃO POPULACIONAL DO CONCELHO DA NAZARÉ POR FREGUESIA.	28
FIGURA 7 – DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO POR FREGUESIA.	29
FIGURA 8 – FASE DE CONCEPÇÃO E INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO ZONADA.	35
FIGURA 9 – EXEMPLO DE UM SISTEMA DE MEDIÇÃO ZONADA.	37
FIGURA 10 – LOCALIZAÇÃO APROXIMADA POR SUBZONAMENTO	41
FIGURA 11 – ESQUEMAS DE SONDAGEM ACÚSTICA.	43
FIGURA 12 – ESQUEMA DE CORRELAÇÃO ACÚSTICA.	44
FIGURA 13 – COLAPSO DE UMA FAIXA DE RODAGEM DEVIDO A UMA ROTURA DE ÁGUA.	52
FIGURA 14 - FACTORES QUE INFLUENCIAM AS PERDAS DE ÁGUA.	57
FIGURA 15 – GESTÃO DAS PERDAS DE ÁGUA ATRAVÉS DO MÉTODO DOS QUATRO COMPONENTES.	63
FIGURA 16 – FASES DE ABORDAGEM DO PROBLEMA DAS DE PERDAS DE ÁGUA.	68
FIGURA 17 – AVALIAÇÃO DA DIMENSÃO DO PROBLEMA DAS PERDAS DE ÁGUA.	69
FIGURA 18 – COMPONENTES DO BALANÇO HÍDRICO.	70
FIGURA 19 – DEFINIÇÃO DE UMA ESTRATÉGIA DE CONTROLO DE PERDAS.	84
FIGURA 20 – NÍVEL ECONÓMICO DAS PERDAS REAIS.	87
FIGURA 21 – ORGANOGRAMA DOS SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DA NAZARÉ.	94
FIGURA 22 – DISTRIBUIÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS POR SECTOR.	94
FIGURA 23 – DISTRIBUIÇÃO DOS FUNCIONÁRIOS POR CARREIRA.	95
FIGURA 25 – INFLUÊNCIA GEOGRÁFICA DOS SUBSISTEMAS EM “BAIXA” DO CONCELHO DA NAZARÉ.	101
FIGURA 26 – ESQUEMA HIDRÁULICO DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	105
FIGURA 27 – SUBSISTEMA DE ABASTECIMENTO EM “BAIXA” DA NAZARÉ.	107
FIGURA 28 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE INEFICIÊNCIA NA UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	126
FIGURA 29 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR PERDAS DE ÁGUA POR RAMAL NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	127

FIGURA 30 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR PERDAS APARENTES NO SUBSISTEMA EM ESTUDO....	127
FIGURA 31 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR PERDAS APARENTES NO SUBSISTEMA EM ESTUDO...	128
FIGURA 32 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR ÁGUA NÃO MEDIDA NO SUBSISTEMA EM ESTUDO....	129
FIGURA 33 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR ÁGUA NÃO FACTURADA EM TERMOS DE VOLUME NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	130
FIGURA 34 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR ÁGUA NÃO FACTURADA EM TERMOS DE CUSTO NO SUBSISTEMA EM ESTUDO	130
FIGURA 35 – EVOLUÇÃO DO INDICADOR ÍNDICE INFRA-ESTRUTURAL DE FUGAS NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	131
FIGURA 36 – TOTAL DE INTERVENÇÕES EFECTUADAS POR TIPO DE ROTURA NO ANO DE 2008 NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	133
FIGURA 37 – INTERVENÇÕES EFECTUADAS NO ANO DE 2008, CATEGORIZADAS PELO TIPO DE ROTURA E PELA CAUSA.	134
FIGURA 38 – TOTAL DE INTERVENÇÕES EFECTUADAS POR TIPO DE ROTURA NO ANO DE 2009 NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	135
FIGURA 39 – INTERVENÇÕES EFECTUADAS NO ANO DE 2009, CATEGORIZADAS PELO TIPO DE ROTURA E PELA CAUSA.	136
FIGURA 40 – TOTAL DE INTERVENÇÕES EFECTUADAS POR TIPO DE ROTURA NO ANO DE 2010 NO SUBSISTEMA EM ESTUDO.	137
FIGURA 41 – INTERVENÇÕES EFECTUADAS NO ANO DE 2010, CATEGORIZADAS PELO TIPO DE ROTURA E PELA CAUSA.	138
FIGURA 42 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS ROTURAS POR ZONA DE ABASTECIMENTO DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ NO ANO DE 2008.....	140
FIGURA 43 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS ROTURAS POR ZONA DE ABASTECIMENTO DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ NO ANO DE 2009.....	141
FIGURA 44 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL DAS ROTURAS POR ZONA DE ABASTECIMENTO DO SUBSISTEMA EM “BAIXA” DA NAZARÉ NO ANO DE 2010.....	141
FIGURA 45 – SUBSTITUIÇÕES DE CONTADORES EFECT. NO PERÍODO ENTRE 2008 E 2010.	145
FIGURA 46 – LIGAÇÕES DIRECTAS DETECTADAS NO PERÍODO ENTRE 2008 E 2010.....	146

SIGLAS E ABREVIATURAS

AZP – Average Zone Point (Valor Médio da Zona)

AWWA – American Water Works Association

BI – Boca de incêndio

CARE-W – Computer Aided Rehabilitation of Water Networks

CMN – Câmara Municipal da Nazaré

EDP – Electricidade de Portugal

DVGW – Deutsche Vereinigung des Gas und Wasserfaches

EPAL – Empresa Portuguesa de Águas Livres

ERSAR – Entidade Reguladora de Serviços de Água e Resíduos

EUA – Estados Unidos da América

Hab – Habitante

INE – Instituto Nacional de Estatística

INSAAR – Inventário Nacional de Sistemas de Abastecimento de Água e de Águas Residuais

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

IWA – International Water Association

IWSA – International Water Supply Association

ILI – Índice Infra-Estrutural de Fugas

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NDFs – Night Day Factors (Factores Noite-Dia)

ONU – Organização das Nações Unidas

PEAASAR – Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Água Residuais

PI – Performance Indicator (Indicador de Desempenho)

PNA – Plano Nacional da Água

PRVs – Válvulas de Libertação de Pressão

MAOT – Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

MCOTA – Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente

NEPr-CP – Nível Económico de Perdas Reais de Curto Prazo

NEPr-LP – Nível Económico de Perdas Reais de Longo Prazo

RASARP – Relatório Anual do Sector de Água e Resíduos em Portugal

SMAS – Serviços Municipalizados de Água e Saneamento

SMN – Serviços Municipalizados da Nazaré

EU – União Europeia

WBI – World Bank Institute

WBWC – Wide Bay Water Corporation

WLTF – Water Loss Task Force

WSAA – Water Services Association of Australia (Associação dos Serviços de Água da Austrália)

ZMC – Zona de Medição e Controlo

“A água é a seiva do nosso planeta. Ela é condição essencial de vida de todo o vegetal, animal ou ser humano. Sem ela não poderíamos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura.” (Ponto 2 da Declaração Universal dos Direitos da Água)

I. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida, seja como componente bioquímico de seres vivos, ou como meio de vida de várias espécies vegetais e animais. A água também é essencial para o desenvolvimento de praticamente todas as actividades antropogénicas, sejam elas urbanas, industriais ou agropecuárias. Além disso, a água é responsável pelo equilíbrio térmico da terra.

Face à escassez e importância da água, surgiu um novo tipo de gestão orientado para a eficiência e racionalização do seu uso, tentando assim evitar a inutilização, e consequente destruição deste bem essencial à sobrevivência do Homem, bem como de outras espécies. Sendo a água um elemento insubstituível, não será possível garantir a preservação do ambiente, da economia e da própria sociedade sem uma gestão orientada e adequada à eficiência no uso deste recurso. O facto de água, para a maioria da população, estar à distância de uma torneira tornou com que se seja frequente a adopção determinados hábitos de má utilização, conduzindo ao desperdício, ao esbanjamento ou ao desaproveitamento desta preciosidade. Os efeitos que há bem pouco tempo se julgavam longínquos estão actualmente à vista de todos, agravando-se em situações de escassez. Para colmatar esta situação, tende-se a adoptar medidas de contenção e de racionalização do seu uso a nível mundial (Costa, 2007).

Perante a necessidade de se proceder ao uso cada vez mais eficiente da água disponível, sem pôr em causa a eficácia da sua utilização, ou seja, utilizar menos água para alcançar os mesmos objectivos, surgiu o Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água, mediante Resolução do Conselho de Ministros n.º 113/2005, de 30 de Junho. Este Programa descreve detalhadamente 87 medidas, 50 das quais se destinam ao uso urbano, 23 ao uso agrícola e 14 ao uso industrial, sendo que 26 medidas do uso urbano se aplicam, conjuntamente, ao uso industrial, perfazendo um total de 40 medidas que regulam este último. As medidas/acções são dirigidas a consumidores domésticos, colectivos e comerciais, entre outros. Este Programa estabeleceu, também, que os

maiores níveis de desperdício de água são detectados na agricultura, correspondendo a 88% do total das perdas, o abastecimento para consumo humano e indústria são responsáveis por 8% e 4% respectivamente, das restantes perdas. Para um período de dez anos, o referido programa estabeleceu a promoção do bom uso deste recurso, de forma a atingir a diminuição dos consumos, reduzindo as taxas de perdas observadas nos sistemas descritos e aumentando a taxa de eficiência, de modo a contribuir para minimizar os riscos de escassez hídrica, assim como melhorar as condições ecológicas dos meios hídricos. As medidas estipuladas no Programa acima mencionado visam aumentar a taxa de eficiência no sector da agricultura de 60% para 65%, no sector industrial de 70% para 80% e de 58% para uma taxa de 80% em termos de consumo urbano (MAOT, 2002).

As medidas para um uso mais eficiente nos sectores urbano, agrícola e industrial, foram analisadas em termos técnicos, económicos e sociais, sendo as medidas do sector urbano as que apresentaram um maior potencial em termos económicos. Tais medidas foram agrupadas: (1) ao nível dos sistemas públicos; (2) ao nível dos sistemas prediais e de instalações colectivas; (3) ao nível dos dispositivos em instalações residenciais, colectivas e similares; e (4) ao nível dos usos exteriores. Dentro destas medidas e, em termos técnicos, salienta-se o controlo de fugas, a instalação de sistemas de poupança de água nas redes prediais, a racionalização do consumo doméstico privilegiando a reutilização da água, assim como a aplicação de novas tecnologias de gestão de informação e controlo à distância, que permitem conhecer em tempo real o estado dos sistemas de produção, tratamento e distribuição de águas. Em termos económicos, a aplicação de uma correcta política de preços incentiva os utilizadores ao uso eficiente dos recursos hídricos, promovendo a diminuição do seu consumo. As medidas sociais devem assentar na convicção de que a água não dura para sempre, e que poupar e garantir o seu uso com eficiência, é uma tarefa de todos (MAOT, 2002).

Portugal dispõe de serviços de abastecimento público de água às populações, contudo, existem factores que necessitam de ser avaliados de modo a promover a melhoria dos sistemas de abastecimento, dos quais se destacam o meio ambiente, a política de preços e a eficiência do serviço.

A visão economista da gestão do recurso água leva a que as entidades gestoras dos sistemas de abastecimento de água iniciem processo de reestruturação em termos de gestão, planeamento, operacionalização e manutenção dos sistemas. Assim, as perdas de água são uma das principais preocupações das entidades responsáveis pela gestão dos

sistemas de abastecimento, e o seu controlo um dos problemas a superar, de modo a dar cumprimento às disposições legais, a aumento da rentabilidade e da melhor utilização deste recurso (Alegre *et al*, 2005).

Os sistemas de abastecimento de água são constituídos por infra-estruturas de produção e distribuição de um bem económico de grande valor que é a água para consumo humano. Para que possa atingir os seus objectivos de gestão, qualquer entidade gestora tem necessidade de procurar um elevado grau de eficiência e de eficácia. A eficiência mede até que ponto os recursos disponíveis são utilizados de modo optimizado para a produção do serviço. A eficácia mede até que ponto os objectivos de gestão, definidos específica e realisticamente, foram cumpridos. O bom funcionamento de qualquer sistema de distribuição de água pressupõe que os consumidores tenham continuamente à sua disposição, nos locais de consumo, água potável em quantidade suficiente, à pressão adequada e com o menor custo possível. Para que tal seja possível é necessário que as infra-estruturas existentes sejam adequadas, que os recursos naturais disponíveis sejam racionalmente utilizados e que este conjunto seja gerido com eficácia e sustentabilidade (Alegre *et al*, 2005).

A gestão de um sistema de abastecimento de água, implica uma análise constante dos diversos parâmetros técnico-económicos nas diversas áreas de intervenção, das quais se destaca o combate às perdas de água, pelo facto, de entre outros, “o custo de produção ou aquisição da água para distribuição ser normalmente elevado” (Machado *et al*, 2006).

Nas últimas duas décadas, em Portugal, assistiu-se a um forte investimento por parte das entidades gestoras (nomeadamente as Autarquias), para a melhoria dos sistemas de abastecimento de água, fruto essencialmente de apoios comunitários, e em resposta às solicitações das populações. Este investimento foi executado num período demasiado curto, que limitou, a longo prazo, um adequado planeamento operacional, assim como o controlo de qualidade efectiva dos sistemas que se construíram. Em algumas situações, a ausência de planeamento, a falta de manutenção e a deficiente operação coloca em causa a qualidade e a longevidade de algumas destas infra-estruturas (Covas, 2010) .

Perante estas situações e cientes da complexidade dos sistemas públicos de abastecimento de água, assente na diversidade de órgãos e juntas existentes nas redes de distribuição, é inevitável a ocorrência de perdas de água. Estas podem atingir uma percentagem importante do consumo total, com consequências económicas e ambientais muito negativas (Alegre *et al*, 2005).

Para fazer face às exigências colocadas pela Lei 58/2005 de 29 de Dezembro, transpondo para a ordem jurídica nacional a Directiva n.º 2000/60/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de Outubro, que estabelece as bases e o quadro institucional para a gestão sustentável das águas, que as entidades gestoras procuram atender a múltiplos aspectos da gestão operacional e estratégicas dos sistemas, que permitam melhorar a qualidade do serviço prestado a um custo socialmente aceite.

Com esta dissertação procurou-se conhecer a realidade do subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré, bem como em encontrar soluções para a diminuição das perdas de água, tornando este estudo numa ferramenta de gestão para o controlo e minimização das mesmas. O impacto que este subsistema em “baixa” tem em todo o sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré, associado ao facto de 70% da água adquirida à empresa Águas do Oeste S.A. ser fornecida a este subsistema, fez com que este estudo incidisse sobre o controlo e a redução das perdas de água sob o ponto de vista técnico e económico. Pretende-se, também conhecer as principais deficiências do subsistema em “baixa” da Nazaré, de modo a apresentar medidas que permitam actuar sobre as perdas de água reais e/ou aparentes, e desta forma alcançar níveis de eficiência ambiental, económica e social.

I.1 OBJECTIVO

O objectivo deste trabalho consiste na quantificação e eventuais medidas de controlo das perdas de água do subsistema de abastecimento de água em “baixa” da Nazaré.

1.2. ÁGUA

A água é unanimemente considerada como um recurso cada vez mais escasso. Portugal é o sexto maior consumidor mundial de água *per capita*, o que revela uma baixa eficiência no seu uso. Estima-se que exista um desperdício anual da ordem dos 3.100 milhões de m³/ano de água captada, que equivale, em valor, a 0,64% do produto interno bruto. Sensivelmente metade deste valor é relativo a ineficiências no sistema abastecimento urbano (sistemas públicos e prediais) (Projecto de Resolução nº. 497/X/4.^a, 2009).

Devido à intensificação do consumo de água, tornou-se necessário estabelecer normas e leis para disciplinar a utilização dos recursos hídricos, nos diversos segmentos da sociedade. Para tal, surgiram planos e legislação diversa visando implementar responsabilidades relativamente às questões da água, nomeadamente, o Plano Estratégico de Abastecimento de Água e Saneamento de Águas Residuais (PEAASAR), o Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), a Lei-Quadro da Água, etc. Os impactos devidos à dificuldade do acesso à água potável no nosso planeta são já, bem visíveis na população mundial, dos quais se pode salientar:

- Cerca de novecentas mil pessoas não têm acesso a água potável;
- Mais de dois mil milhões e meio de pessoas, ou seja, duas em cada cinco pessoas, não dispõem de saneamento básico;
- Cerca de um terço das doenças mundiais devem-se a problemas ambientais, como é o caso da contaminação da água.

Devido a estes factores, durante finais do século XX e início do Século XXI a água deixou de ser abundante, tornando-se num bem escasso, tendo reflexos na economia mundial, prevendo-se, que tal importância aumente e que grande parte da população seja afectada por tais motivos. Assim, combater o desperdício de água em Portugal é, nesta altura, um investimento inadiável imprescindível.

1.2.1. Quadro Legal e Normativo

Nos últimos anos, muito por força das Directivas comunitárias, assistiu-se a uma transformação relativa à matéria institucional dos recursos hídricos.

Em Portugal, a consagração constitucional do ambiente como direito do cidadão deu-se em 1976 culminando com a entrada em vigor da Lei da Água que transpôs em 2005 a Directiva Quadro 2000/60/CE da Água, que entrou em vigor em Dezembro de 2000, e que reflectiu uma nova abordagem da política de gestão da água, centrada na protecção do ambiente: “a água não é um produto comercial como outro qualquer, mas um património que deve ser protegido, defendido e tratado como tal”. Do ponto de vista jurídico, a legislação aplicável promulgada pelos organismos da União Europeia é cada vez mais determinante. Um dos princípios mais importantes da nova geração normativa é, sem dúvida, a importância de manter saudáveis os ecossistemas aquáticos, como forma de garantir a qualidade da água para os diversos usos humanos. Assim, através da legislação, cada vez mais o Estado Português regulamenta e define os usos da água. Não é suficiente ter água em quantidade disponível, no tempo ou no lugar, é necessário ter a quantidade e a qualidade compatível com o uso (Costa *et al*, 2006).

O enquadramento institucional da água assume um cariz fundamental para o bom desempenho do sector, uma vez que obriga à definição de responsabilidades dos intervenientes, regras de funcionamento e adequada articulação com sectores próximos, como a drenagem e tratamento de águas residuais, os recursos hídricos e o ordenamento do território. Contudo, para além da complexidade legislativa acima citada, existem ainda várias publicações com impacto nas práticas correntes das entidades gestoras de água e saneamento.

A Directiva Quadro da Água, foi o documento legal que veio estabelecer um quadro de acção comunitária no domínio da política da água, e que recomendou que os Estados Membros promovessem programas específicos de melhoria de utilização deste recurso. Neste sentido, foram elaborados instrumentos de gestão da água dos quais se destacam, para efeitos deste estudo:

- Plano Nacional da Água (Decreto-Lei n.º 112/2002 de 17 de Abril);
- Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (M.A.O.T., 2002);
- Inventário Nacional dos Sistemas de Abastecimento de Água e Águas Residuais (INAG, 2010);
- Quadro Legal e Institucional, entre outros.

1.2.2. Situação Mundial

Os dados fornecidos pelas Nações Unidas em 2010, referentes ao abastecimento de água e saneamento básico (em alguns continentes) são alarmantes. Seguem-se alguns dados sobre o abastecimento de água e saneamento básico nos diferentes continentes:

- Em África: cerca 62% dos africanos não têm acesso a água e cerca de 313 milhões de africanos não têm ao seu alcance infra-estruturas de saneamento;
- Na Ásia: cerca 19% dos asiáticos não têm acesso a serviços de abastecimento de água para consumo público e mais de 1,9 bilião de pessoas não tem acesso a infra-estruturas de saneamento básico;
- Na América Latina: 15% da população não têm acesso a água potável e 117 milhões de latino-americanos e habitantes do Caribe não têm acesso a serviços de saneamento;
- Na Oceânia: apenas 3 milhões de habitantes das áreas rurais, não dispõem de abastecimento de água para consumo público e cerca de dois milhões de pessoas ainda não têm acesso a saneamento básico;
- Na Europa: apenas 13,5% dos habitantes não têm acesso a abastecimento e por volta de 8% das pessoas não dispõem de serviços de saneamento básico.

Comparativamente com o resto do mundo, Portugal não se encontra numa situação alarmante, uma vez que dispõe de serviços de abastecimento público de água às populações e de saneamento de águas residuais urbanas. Segundo, o “Relatório do Estado do Abastecimento de Água e do Tratamento de Águas Residuais – Sistemas Públicos Urbanos” (INAG, 2010), a taxa de cobertura do serviço de abastecimento de água, em 2009, atingia 94% da população, ou seja acima do verificado na Europa e no resto do Mundo. Na vila da Nazaré, a taxa de cobertura, segundo dados da entidade gestora, era de 100% em 2009.

1.2.3. Stress Hídrico e o Consumo Humano

O Homem não sobrevive muitos dias sem água. Tendo por base esta premissa, não admira que o primeiro acto de gestão consciente das utilizações da água se centre no seu uso directo para o homem, o que levou a comunidade a fixar-se em redor das zonas com

água. Londres, Paris, Barcelona e Nova Iorque são exemplos de grandes capitais mundiais que se desenvolveram nas margens dos rios. O mesmo se verificou em Portugal com as cidades de Lisboa, Porto, Coimbra, Aveiro, entre outros. Deste modo, a presença de cursos de água no território constitui uma condição de localização e implantação urbana. Além disso, a migração de uma sociedade rural para uma sociedade urbana é acompanhada de um aumento significativo do consumo de água, consequente da expansão urbanística e da industrialização, elevando desta forma o nível de vida das sociedades. Esta situação reflecte-se no facto de o consumo de água por habitante ser significativamente maior nos países desenvolvidos do que nos países em via de desenvolvimento, tal como é evidenciado na tabela seguinte (Jacobi, 2006).

Tabela 1 – Consumo de água por habitante. (Adaptado de Jacobi, 2006)

País	Consumo de Água
Portugal	161 l/hab/dia
Escócia	410 l/hab/dia
Estados Unidos/Canadá	300 l/hab/dia
Austrália	270 l/hab/dia

Na tabela anterior constata-se uma grande amplitude de variação do consumo doméstico *per capita* nos diferentes países. Note-se que o consumo mínimo necessário à sobrevivência de cada ser humano é de dois litros de água potável por dia, o que representa menos de um metro cúbico por ano.

O stress hídrico é um indicador precioso para as políticas de desenvolvimento de cada região e país. Infelizmente parte do problema mundial da água é a sua distribuição disforme que faz com que haja países muito pobres em água e outros muito ricos. O consumo despreocupado, o uso indevido dos recursos naturais, a poluição e a falta de educação ambiental são determinantes para a escassez. (Baptista et al, 2005)

É importante que o governo crie campanhas de sensibilização sobre o uso da água, só assim o ser humano despertará para o problema que é a falta de água no mundo. Acima de tudo sensibilizar o ser humano para que volte o seu olhar sobre as crianças que morrem todos os dias por falta de água e por falta de condições (Nações Unidas, 2010). São factores como o crescimento populacional e a expansão desordenada das cidades, entre outros, são responsáveis pela saturação de reservas naturais de água, exigindo a

procura de fontes de captação alternativas. O stress hídrico é, portanto, o resultado do aumento do consumo, da sobre-exploração das águas superficiais e subterrâneas, do ressecamento de rios, da eutrofização, da poluição, más práticas de rega, do desperdício, fugas em sistemas de distribuição de água, utilização ineficiente pela indústria, da falta de sensibilização para o seu uso sustentável, da educação ambiental, entre outros. A degradação da qualidade da água subterrânea e superficial tem aumentado em níveis alarmantes, nos últimos cinquenta anos. A urbanização, a agricultura intensiva, a rejeição das águas residuais, a deposição de dejectos animais, agro-industriais e de detritos de actividades extractivas, ameaçam seriamente a qualidade da água, podendo gerar graves problemas para a saúde pública (Nações Unidas, 2010).

1.2.4. Economia da Água

A Directiva Quadro da Água, transposta para direito nacional pela Lei da Água, embora sendo uma directiva de carácter ambiental, surge com um sentido político, estratégico e integrador da gestão da água, cujo objectivo primordial se prende com a garantia de uma utilização eficaz e eficiente da mesma. Este documento normativo indica a necessidade da implementação de uma política tarifária que estimule o uso racional e sustentável dos recursos hídricos, bem como a necessidade de gerar as receitas suficientes para cobrir os custos associados à gestão do serviço. De certa forma, a directiva reconhecia, e reconhece que o preço da água é uma forma de garantia para o cumprimento dos objectivos ambientais, forçando assim a recuperação dos custos associados ao serviço, ao ambiente e à escassez (Martins, 2009).

A Lei da Água, veio assim criar o instrumento legal necessário garantir o equilíbrio entre as necessidades dos utilizadores e a sustentabilidade dos recursos utilizados, tendo por base a aplicação do princípio do Utilizador/Pagador, possuindo, entre outras, características específicas relacionadas com o tipo de utilização, o regime de propriedade e a natureza do prestador de serviço. As medidas de recuperação de custos preconizadas na Lei da Água deveriam ter sido cumpridas por todos os Estados-Membros até 2010, contudo em Portugal, e de acordo com a ERSAR, esta recuperação está longe de ser uma realidade para muitas entidades gestoras, nomeadamente as de gestão directa (municípios, serviços municipais e serviços municipalizados) (ERSAR, 2010).

Com a Lei da Água, a utilização de bens públicos passou a estar sujeita a um sistema de taxas aprovadas no Decreto-Lei 97/2008 de 11 de Junho (taxa de captação de água, de recolha de águas residuais, de extracção de inertes, ocupação de terrenos, regularização de caudais, em suma, representam taxas de utilização do domínio público hídrico), distintas das tarifas cobradas pela utilização simultânea de bens públicos e da prestação de serviços complementares. As diferentes utilizações são sujeitas ao pagamento de taxas específicas que variam de sector para sector, tendo sido estabelecidas com o desígnio de gerar receitas para qualificar e potenciar as bacias hidrográficas na melhoria da utilização da água. De certa forma, tem implícito o conceito que o utilizador abastecido por uma determinada bacia hidrográfica terá, teoricamente, o interesse na sua manutenção, no seu bom estado e na qualidade do produto que pagam (ERSAR, 2010). Devido à falta de regulamentação, os preços da água praticados em Portugal estão sujeitos a enormes variações, o que origina uma disparidade nos preços praticados pelas diversas entidades gestoras, uma vez que são resultado das diferentes políticas de preços adoptadas. Assim, dependendo da entidade gestora, o mesmo consumo poderá, atingir um preço final muito diferente de município para município, e de região para região (ERSAR, 2010).

Esta situação ocorre, em virtude de ser necessário para assegurar o abastecimento domiciliário às populações, as entidades gestoras tem necessidade efectuar importantes investimentos, recorrendo a meios financeiros próprios ou externos. Além da construção de todas as infra-estruturas, é imperativo investir na exploração e manutenção das redes existentes; na renovação das instalações antigas; no controlo da qualidade da água e no tratamento das águas residuais, necessário ao equilíbrio do meio hídrico e da vida aquática. Aplicando o princípio de equidade e razoabilidade, estes custos têm de ser suportados por todos. Assim, e de modo a cumprir o estipulado no Decreto-Lei 194/2009 de 20 de Agosto, as receitas devem cobrir os custos dos serviços que se prestam, permitindo a recuperação dos custos derivados dos serviços de utilização da água, dos custos de escassez e dos custos ambientais (ERSAR, 2010).

Foi nesta perspectiva que o IRAR, agora denominado ERSAR, elaborou uma recomendação tarifária, de acordo com as directivas estipuladas no Plano Nacional da Água, e na qual está implícito que os tarifários devem discriminar os preços por tipo de utilização e sinalizar atitudes comportamentais correctas em termos de uso racional e justo da água (PNA, 2002).

Desta forma é plenamente aceite que os preços da água devem assegurar o funcionamento eficiente dos serviços e garantir a sua sustentabilidade económica.

Contudo, e apesar dos esforços encetado pelo regulador é necessário um enquadramento político-legal que estabeleça critérios relativos a quem paga e a quanto paga, por determinada utilização ajustando a diferença entre o custo total e o preço que o utilizador pode suportar, adoptando assim os princípios do Utilizador/Pagador e Poluidor/Pagador, preconizados na Directiva Quadro. Contudo, e apesar dos imperativos legais em vigor, a água continua a ser um produto barato quando comparado com outros face à qualidade e disponibilidade permanente ((ERSAR, 2010).

1.2.5. A Abordagem da Detecção e Controlo de Perdas em Portugal

As perdas de água são o resultado da ineficiência das entidades gestoras de abastecimento de água, o que as torna como um tema alvo de estudo nos últimos anos. Em Portugal, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) tem assumido a vanguarda do interesse das entidades gestoras pelas perdas de água, através de diversas publicações, das quais se destaca o manual “Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição”, publicado conjuntamente pelo IRAR e pelo LNEC, editado em 2005, fornece às entidades gestoras uma metodologia para o controlo de perdas de água. Este manual abordada diversas matérias que vão desde os conceitos básicos, até às estratégias de controlo de perdas de água reais. Em conjunto com o manual, o LNEC elaborou uma aplicação computacional, em forma de uma folha do Microsoft Excel que permite efectuar o cálculo do balanço hídrico. Para além deste manual, em 2004, também foi publicado pelo IRAR e pelo LNEC o manual “Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água”, para as empresas da água e aconselha os mais indicados para o cálculo das perdas de água em sistemas de abastecimento. Em 2010, foi lançada pela ERSAR e pelo LNEC, a 2ª Geração do Sistema de Avaliação, o qual reduz de 20 para 16 o número de indicadores. Com esta 2ª geração do sistema de avaliação, a ERSAR pretende que o mesmo seja aplicado a partir de 2012 a todas as entidades gestoras de serviços de águas e resíduos no Continente, independentemente da sua titularidade Estatal ou municipal e do seu modelo de gestão, por gestão directa, delegada, em parceria ou concessionada, com base

em dados de operação de anterior àquele a que se reporta, devendo ser enviado à ERSAR até final de Março de cada ano.

Existem vários os estudos que tem vindo a ser elaborados ao longo dos anos, e todos com o mesmo com a mesma finalidade, caracterizar/diagnosticar as perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento, no intuito de alertar as entidades gestoras para um controlo eficaz das perdas de água.

Costa (2007) elaborou um estudo intitulado “Controlo de Perdas de Água no Sistema Público de Distribuição do Concelho de Vila Real”, no qual o balanço hídrico é tido como uma ferramenta de apoio à avaliação da situação de perdas de água do Concelho. O valor de perdas de água (entre 2005 e 2006) é de aproximadamente 30%, valor superior ao da meta a atingir de acordo com o PEAASAR II (Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais II), que é de 20%. O cálculo dos indicadores de desempenho também foi realizado, obtendo-se um indicador de ineficiência na utilização dos recursos hídricos de 20%, sendo este valor superior ao valor máximo recomendado pelo IRAR (15%), e um indicador de perdas reais por ramal de 90 l/ramal/dia.

Machado e Fernandes (2006), através do seu estudo “Cálculo do Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho de Perdas de Água em 3 Subsistemas da Rede de Abastecimento de Santa Marta de Penaguião” determinaram os valores das perdas correspondem a 15%, 38% e 74%, respectivamente aos sistemas de Sanhoane, Alvações e Portela. E que os indicadores de ineficiência na utilização de recursos hídricos variam entre 5 e 59% e os indicadores de perdas reais por ramal vão desde os 14 aos 329 l/ramal/dia.

A LIPOR, desenvolveu em 2006 o Plano Estratégico de Ambiente do Grande Porto, e que abrangeu 9 Concelhos, Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia. Neste estudo apurou-se que o valor das perdas de água era próximo da média nacional (35%), embora encontrando-se acima da meta estipulada no PEAASAR II (Martins, 2009).

Todos estes estudos demonstram que Portugal tem ainda um caminho longo a percorrer, contudo os elementos e ferramentas disponibilizadas principalmente pela ERSAR e pelo LNEC, juntamente com a regulação exercida pela primeira permite, que as entidades gestoras em Portugal, possam encarar a detecção e controlo das perdas de uma forma mais estruturada e eficaz.

1.2.6. As Entidades Gestoras dos Sistemas de Abastecimento de Água

O sector de águas em Portugal, consolidado através do serviço de abastecimento público de água às populações, tem inevitavelmente uma importância fundamental na sociedade portuguesa, não sendo possível falar do desenvolvimento do País sem obrigatoriamente ter em conta a necessidade de dispor deste serviço de forma generalizada em todo o território e com uma aceitável qualidade de serviço (INAG, 2010).

Este serviço, a par da drenagem e tratamento de águas residuais e dos resíduos, é considerado de interesse geral, essencial ao bem-estar dos cidadãos, à saúde pública, às actividades económicas e à protecção do ambiente. Devido a estes factos, obedece a um conjunto de princípios de onde se destacam a universalidade de acesso, a continuidade e a qualidade de serviço, a eficiência e a equidade de preços ((INAG, 2010).

Foi de modo a garantir a exequibilidade destes princípios que o Decreto-Lei n.º 277/2009 de 2 de Outubro, que procedeu à transformação do IRAR em ERSAR, introduziu um reforço da regulação do sector, que se traduz no alargamento do âmbito de intervenção da ERSAR a todas as entidades gestoras destes serviços, independentemente do modelo de gestão adoptado, bem como uma maior uniformidade de procedimentos junto de todas elas (Decreto-Lei 277/2009).

O serviço de abastecimento de água foi recentemente classificado segundo as designações de “alta” e “baixa”, consoante as actividades realizadas. Esta classificação, que esteve no cerne da criação dos sistemas multimunicipais, maioritariamente responsáveis pela “alta”, e dos sistemas municipais, maioritariamente responsáveis pela “baixa”, corresponde, respectivamente, às actividades grossista e retalhista de abastecimento de água (Cruz, 2010).

De acordo com o Decreto-Lei 194/2009 de 20 de Agosto, o serviço de abastecimento público de água é prestado por entidade gestoras com titularidade estatal ou municipal. Nos casos de titularidade estatal, os modelos de gestão passíveis de serem utilizados face a legislação em vigor são:

- Gestão directa;
- Delegação em terceira entidade;
- Concessão em terceira entidade, como sucede com os sistemas multimunicipais concessionados.

Nos casos de titularidade municipal, os modelos de gestão passíveis de serem utilizados, são:

- Gestão directa do serviço pelo município, como é o caso dos serviços municipais e dos serviços municipalizados;
- Delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado;
- Delegação do serviço pelo município em entidade integrada no respectivo sector empresarial, a que correspondem a empresas criadas pelos municípios, ou em freguesias ou associações de utilizadores;
- Concessão do serviço pelo município em empresa, como sucede com todos os sistemas municipais concessionados.

Nas tabelas 2 e 3 é possível observar quais os modelos de gestão utilizados em função do tipo de sistema e de titularidade., assim como o número de entidades gestoras por modelo de gestão.

Tabela 2 – Modelos de gestão utilizados em sistemas de titularidade municipal ou intermunicipal.

(Adaptado do RASARP, 2010)

Modelo	Entidade gestora	Tipo de parceria
Gestão directa	Serviços municipais	Não aplicável
	Serviços municipalizados	Não aplicável
	Associação de municípios	Constituição de uma pessoa colectiva de direito público integrada por vários municípios
Delegação	Empresa municipal, intermunicipal ou metropolitana constituída nos termos da lei comercial	Participação do Estado e municípios no capital social da entidade gestora da parceria
	Entidades empresariais locais (municipais, intermunicipais ou metropolitanas)	Eventual participação de vários municípios no capital social da entidade gestora, no caso de serviço intermunicipal, podendo ocorrer participação minoritária de capitais privados
	Junta de freguesia e associação de utilizadores	Acordos ou protocolos de delegação entre município e Junta de Freguesia ou associação de utilizadores
Concessão	Entidade concessionária municipal	Parceria Público-Privada (municípios e outras entidades privadas)

Tabela 3 – Número de entidades de abastecimento de água em função do modelo de gestão e dos sistemas “alta” e “baixa” existentes em Portugal. (Adaptado de RASARP, 2010)

Modelo de gestão	Abastecimento Público de Água	
	<i>Alta</i>	<i>Baixa</i>
Concessionárias Multimunicipais	12	2
Concessionárias Municipais	20	26
Empresas Municipais e Intermunicipais	9	23
Parceria Estado/ Municípios	2	1
Serviços Municipais	59	188
Serviços Municipalizados	8	22
Total	110	262

A análise das tabelas anteriores permite concluir que os serviços municipais e municipalizados e inter-municipalizados constituem o principal modelo de gestão do sector quanto ao número de entidades gestoras mas não no que respeita à população servida. O Estado e os municípios podem recorrer à colaboração de empresas privadas para a gestão dos serviços de águas e resíduos, através de diferentes modelos possíveis face à legislação existente, nomeadamente:

- Participação minoritária no capital das entidades gestoras concessionárias multimunicipais;
- Participação minoritária no capital das empresas municipais, intermunicipais ou metropolitanas;
- Concessão do município em terceira entidade pública ou privada.

Nos dois primeiros casos as colaborações institucionais, a cooperação traduz-se na constituição de uma empresa de capitais mistos para a prossecução de fins públicos) e o último numa colaboração de tipo contratual (baseada em relações exclusivamente definidas no contrato de concessão) (RASARP, 2010).

Na figura 1 é apresenta-se a distribuição geográfica das entidades gestoras em alta em função do modelo de gestão que se encontravam a prestar o serviço de abastecimento público de águas em alta a 31 de Dezembro de 2010, de acordo com o RASARP 2010.

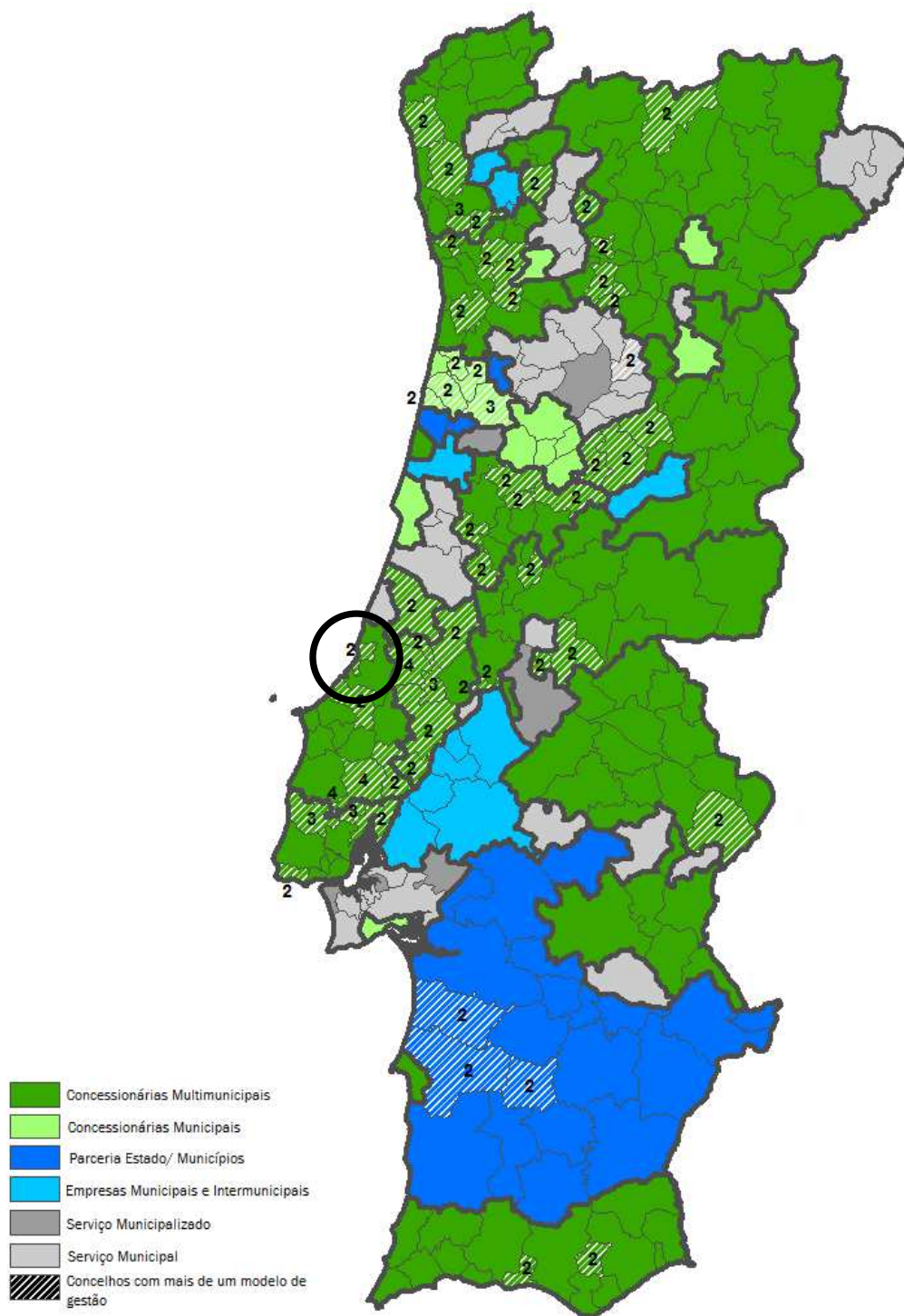


Figura 1 – Distribuição geográfica das entidades gestoras em alta em função do modelo de gestão.

(Adaptado do RASARP, 2010)

Na figura 2 é apresenta-se a distribuição geográfica das entidades gestoras em alta que se encontravam a prestar o serviço de abastecimento público de águas em alta a 31 de Dezembro de 2010, de acordo com o RASARP 2010.

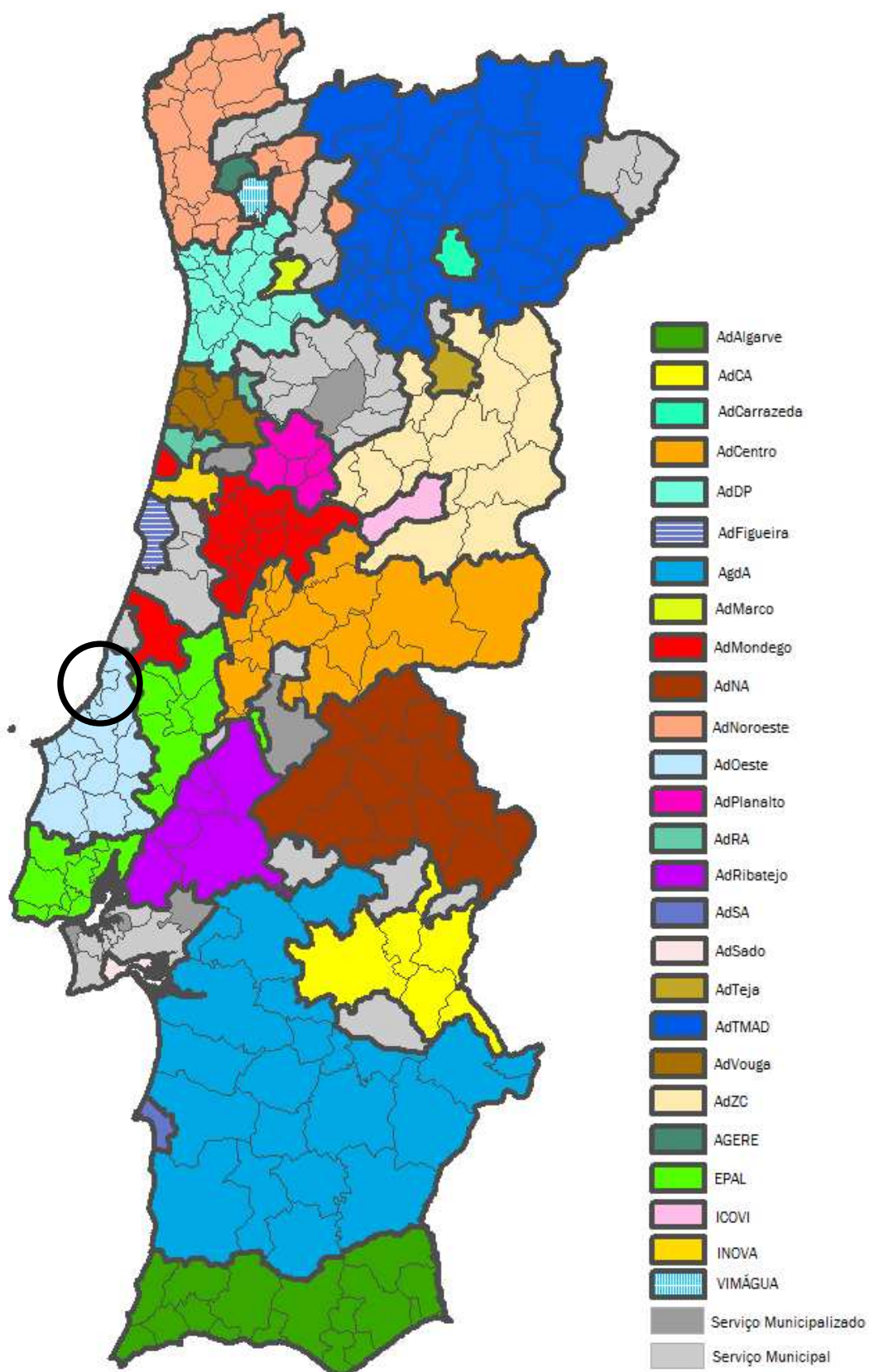


Figura 2 – Distribuição geográfica e área de influência das entidades gestoras em alta.
(Adaptado do RASARP, 2010)

Relativamente, às entidades gestoras de abastecimento de água em “alta” o panorama é o que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 4 – Panorama dos serviços de abastecimento de água em alta. (Adaptado do RASARP, 2010)

Modelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos	Área (km²)	População (hab.)	Dens. Pop. (hab/km²)
Concessionárias Multimunicipais	12	186	53.730	7.144.000	133
Concessionárias Municipais	20	16	3.320	546.000	165
Empresas Municipais e Intermunicipais	9	11	4.299	545.000	127
Parceria Estado/ Municípios	2	24	16.391	321.000	20
Serviços Municipais	59	36	8.895	943.000	106
Serviços Municipalizados	8	5	1.838	367.000	200

O concelho da Nazaré apresenta, como é possível constatar na figura 1, um sistema de abastecimento em “alta” com dois modelos de gestão, um modelo assente na gestão dos serviços municipalizados e outro assente na gestão de uma concessionária multimunicipal. Na figura 2, é possível observar que empresa Águas do Oeste, S.A. é a concessionária multimunicipal que actua em “alta” no concelho da Nazaré.

Analisando a tabela 3 verifica-se que, embora os serviços municipais totalizem um maior número de entidades (54% do total), são as concessionárias multimunicipais que detêm um maior número de municípios (186) e, consequentemente, são o tipo de modelo de gestão de abastecimento de água em alta com um maior número de população abrangida (aproximadamente 7,15 milhões de pessoas). As concessionárias multimunicipais são assim o modelo que abrange a maior parte de Portugal Continental, cerca de 61% do total do território. Por outro lado, o modelo com menor expressão territorial, os serviços municipalizados, com cerca de 2% do território nacional, é aquele

que apresenta maior densidade populacional (200 hab/km²), o que revela a existência de uma forte componente urbana nas áreas que por eles são abrangidas.

Existem 73 concelhos (aproximadamente 26% do total de municípios) que contêm no seu território duas ou mais entidades com modelos de gestão distintos a prestar o serviço de abastecimento de água em alta. Esta situação, que pode ser observada com maior detalhe na figura 1, abrange cerca de 2,9 milhões de pessoas, um terço da população portuguesa.

No que concerne às entidades gestoras de abastecimento de água em “baixa”, nas figuras 3 e 4 apresenta-se a distribuição geográfica das entidades gestoras e os modelos de gestão, bem como a sua área de influência, que se encontravam a prestar o serviço de abastecimento público de águas em baixa a 31 de Dezembro de 2010 de acordo com o RASARP 2010.

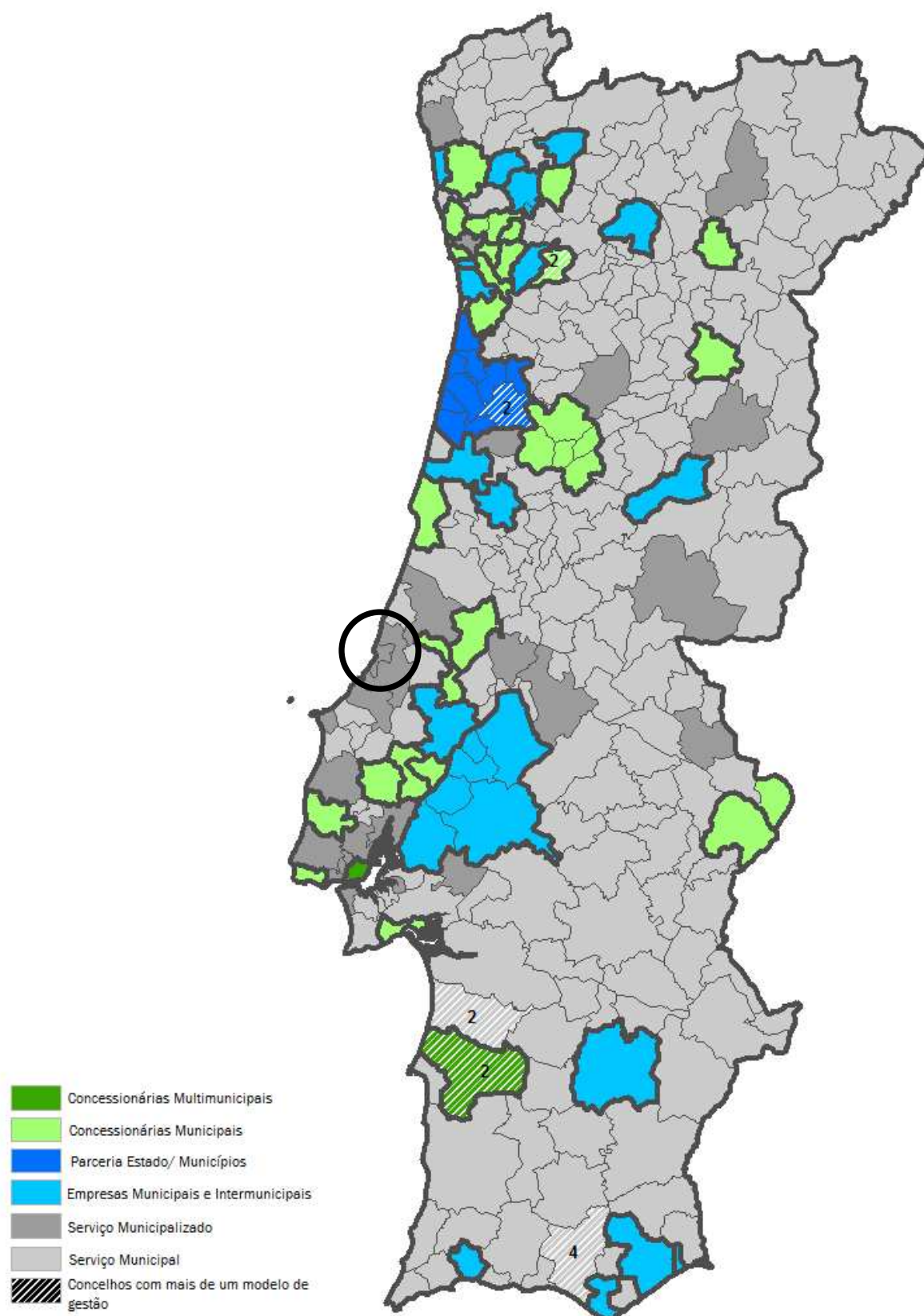


Figura 3 – Distribuição geográfica das entidades gestoras em baixa em função do modelo de gestão.
 (Adaptado do RASARP, 2010)

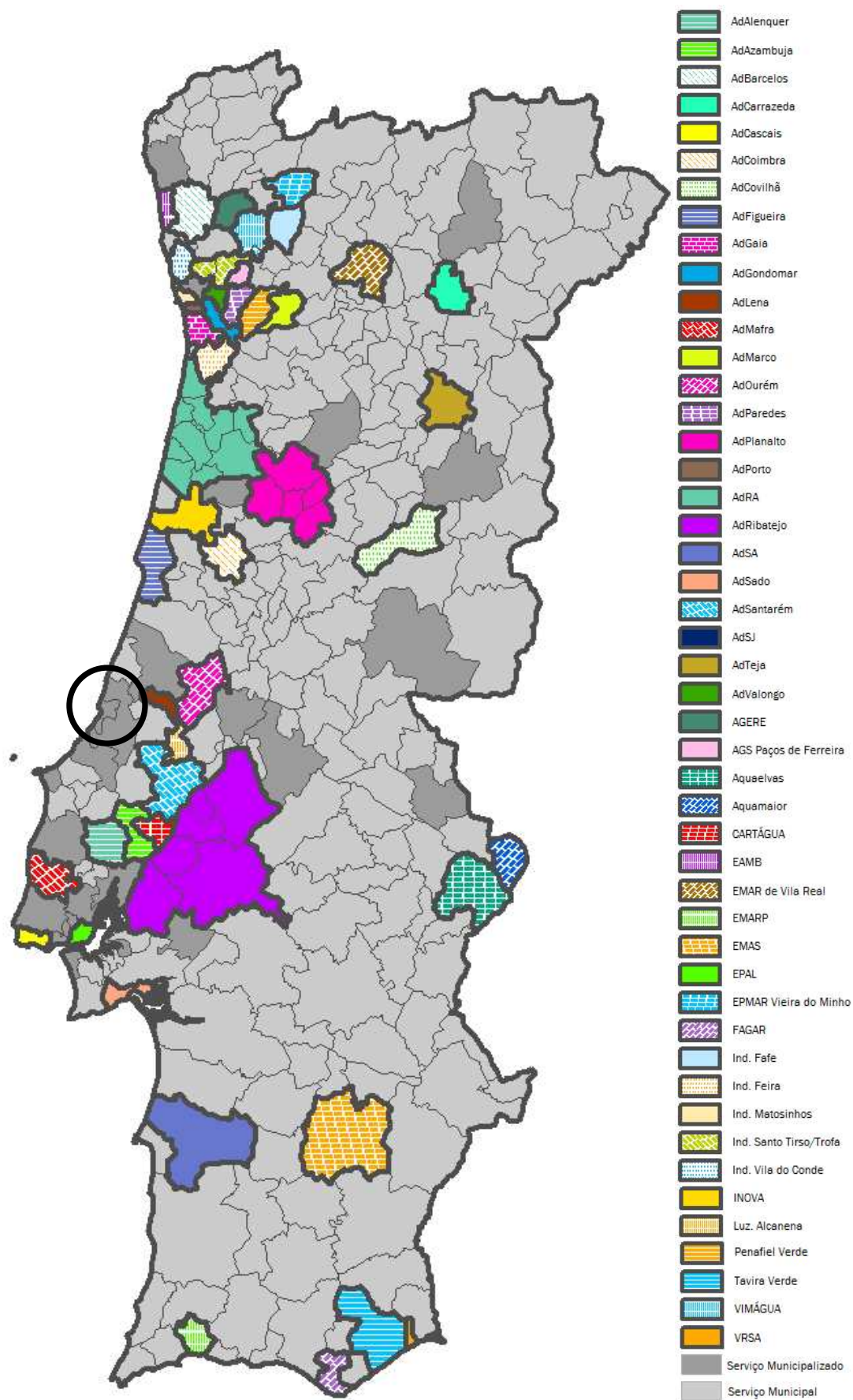


Figura 4 – Distribuição geográfica e área de influência das entidades gestoras em baixa.

(Adaptado do RASARP, 2010)

Relativamente, às entidades gestoras de abastecimento de água em “baixa” o panorama é o que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 5 – Panorama dos serviços de abastecimento de água em baixa. (Adaptado do RASARP, 2010)

Modelo de gestão	Entidades gestoras	Concelhos	Área (km²)	População (hab.)	Dens. Pop. (hab/km²)
Concessionária Multimunicipais	2	2	1.151	596.000	518
Concessionária Municipais	26	31	6.656	1.789.000	269
Empresas Municipais e Intermunicipais	22	25	8.460	1.678.000	198
Parceria Estado/ Municípios	1	10	1.450	333.000	230
Serviços Municipais	188	186	62.330	3.203.000	51
Serviços Municipalizados	22	24	8.426	2.267.000	269

O concelho da Nazaré apresenta, como é possível constatar na figura 3 e 4, um sistema de abastecimento em “baixa” com um modelos de gestão nos serviços municipalizados. Observa-se na tabela 4 que, no abastecimento de água em “baixa”, os serviços municipais são o tipo de modelo de gestão com maior representatividade (188 municípios, 67% do total do país), abrangendo cerca de 3,2 milhões de pessoas (33%). Embora abrangendo um menor número de municípios, as concessionárias municipais (31 municípios), as empresas municipais e intermunicipais (25 municípios) e os serviços municipalizados (24 municípios) apresentam um número considerável de população abrangida, cerca de 1,8 milhões de habitantes, 1,7 milhões de habitantes e 2,3 milhões de habitantes, respectivamente, facto que pode ser explicado pelas características urbanas que os municípios abrangidos por este tipo de modelos apresentam. No sector do abastecimento de água em baixa, conforme se pode verificar na figura 4, existem 7 municípios onde duas ou mais entidades gestoras com modelos de

gestão distintos operam no seu território, situação muito menos significativa em relação ao abastecimento de água em alta.

II. METODOLOGIA

A metodologia de análise de perdas aplicada no presente estudo baseia-se no método apresentado no guia da ERSAR “Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição” publicado pelo IRAR em parceria com o LNEC. O cálculo do balanço hídrico foi efectuado com recurso à aplicação computacional elaborada pelo LNEC com recurso a um folha Excel.

O período de tempo a que se refere este trabalho está compreendido entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2010. Todos os dados necessários para a elaboração deste trabalho foram cedidos pelos Serviços Municipalizados da Nazaré.

Para o efeito, e de modo a ter dados concretos e viáveis, utilizaram-se as fichas de controlo operacional existentes nos Serviços Municipalizados da Nazaré, relativos aos volumes de água que entraram e saíram do sistema de distribuição. Tal permite avaliar o volume de perdas de água. As fichas de controlo operacional permitem também identificar o número de intervenções efectuadas na rede de distribuição de água.

Para uma melhor análise do problema das perdas de água no sistema de distribuição de água à vila da Nazaré, este estudo desenvolveu-se de acordo com os seguintes pontos:

- Caracterização da entidade gestora do sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré;
- Caracterização do sistema de distribuição de água da vila da Nazaré, em todos os seus sub-sistemas e respectivas componentes;
- Análise e avaliação do desempenho do sistema de distribuição de água no período compreendido entre Janeiro de 2010 e Dezembro de 2010;
- Comparação do desempenho de 2010 com o desempenho dos anos de 2008 e 2009;
- Avaliação do estado de conservação das infra-estruturas de distribuição de água do sistema em estudo;
- Definição metodológica (com base em técnicas e métodos existentes) que permitam detectar, num dado sector da rede, as zonas com maior susceptibilidade de ter fugas;
- Elaboração de um plano de controlo preventivo de perdas de água para uma gestão mais eficiente.

II.1 ÁREA DE ESTUDO

II.1.1. Localização Geográfica

O concelho da Nazaré situa-se a Oeste de Portugal Continental, na linha Norte/Sul, a 120 km de Lisboa e a 220km do Porto, a 100km de Coimbra e a 35m da capital de distrito – Leiria. Está inserida na província da Estremadura, na Comissão de Coordenação da Região de Lisboa e Vale do Tejo, ficando a Oeste do maior maciço calcário do País – Serra de Aire e Candeeiros do sistema montanhoso Montejunto/Estrela. Fica encaixado no concelho de Alcobaça, ladeado a Norte pela freguesia de Pataias e a sul pela Freguesia de S. Martinho do Porto. O concelho é o mais pequeno do Distrito de Leiria, com uma área de 82,5km², abrangendo três freguesias: Nazaré, Famalicão e Valado dos Frades (CMN, 2007).

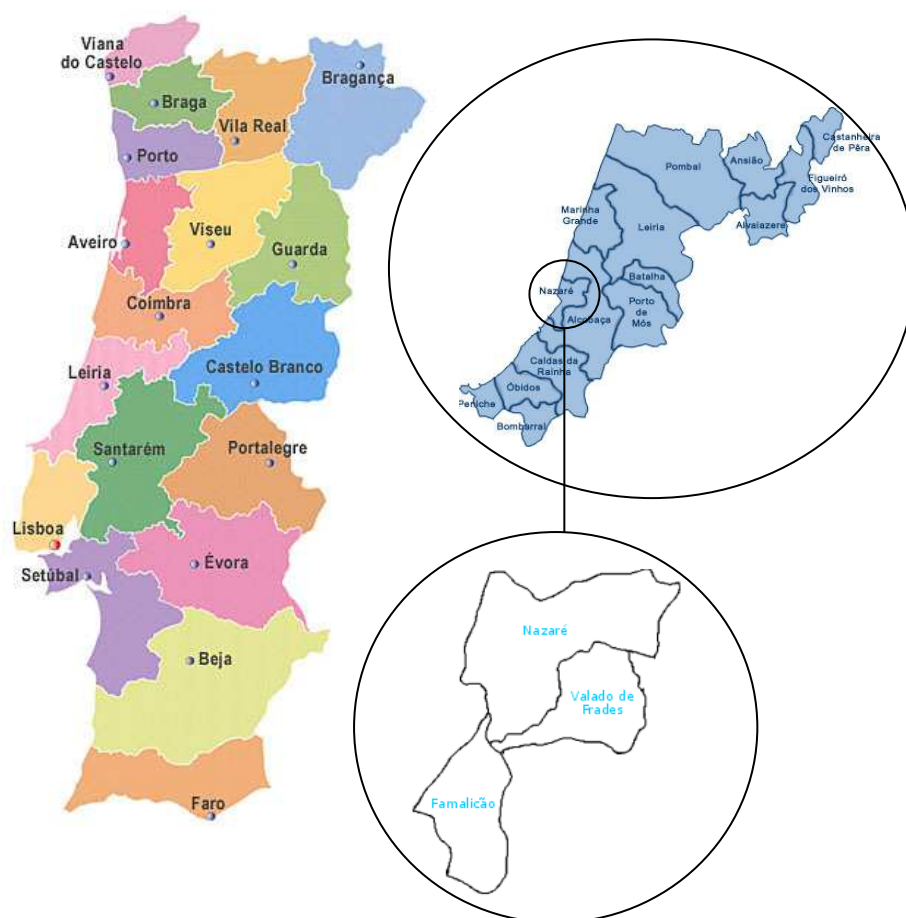


Figura 5 – Mapa do concelho da Nazaré.

(Adaptado de www.opcaopmemais.com e de www.aeportugal.pt)

II.1.2 Características Morfológicas

O Concelho é atravessado por um vale tifónico que se desenvolve desde Alpedriz ao vale de Óbidos, numa extensão de 40 km, acompanhado pelo Pinhal de Leiria a Norte, pelas cristas do Facho (200m) a Nascente, e Pescarias (180m) a Poente, a Sul a continuidade do vale (CMN, 2007).

A oeste da Nazaré, no Oceano Atlântico, situa-se a falha ou fossa da Nazaré que se desenvolve desde o promontório da Nazaré, onde se ergue o forte de S. Miguel, no sentido Sudoeste. Inicia-se a 100m de profundidade dentro do promontório, a escassos 100m da terra, terminando a uma profundidade de 5.000m a largas milhas do paralelo de Sesimbra (CMN, 2007).

As únicas rochas existentes são os calcários, caracterizam a zona como muito rica em água e solos de aluvião de grande capacidade agrícola. Quanto aos ecossistemas existentes temos as praias que são de reduzida profundidade, mas de extensão considerável em termos concelhios; as dunas ocorrem na parte Sul do concelho com pouca profundidade, sendo que a Norte, o sistema dunar é bastante mais complexo e extenso com uma profundidade média de 500 metros; os arribais ou falésias; a barométrica dos 30 metros; leitos dos cursos de águas e zonas ameaçadas pelas cheias, cujo sistema hidrográfico mais importante é constituído pelos rios Alcoa, do Meio e da Areia; as lagoas são internas e de pequenas dimensões neste concelho, sendo a sua área de protecção de 200 metros; Cabeceiras das linhas de água, a estrutura geomorfológica não evidência áreas de cabeceiras com significado; zona declivosas, para além das arribas litorais, a estrutura geomorfológica do concelho da Nazaré não apresenta zonas declivosas com significado nem áreas com riscos de erosão importantes (CMN, 2007).

II.1.3. Solo

No Concelho da Nazaré podemos encontrar zonas distintas quanto à ocupação dos solos. A zona dos Aluviões do Campo é uma zona agrícola que abrange parte das freguesias de Valado dos Frades e Famalicão, está fortemente vocacionada para as culturas intensivas (CMN, 2007).

A Zona de Pinhal abrange parte Norte do concelho (freguesias de Nazaré e Valado), possui um importante coberto arbóreo de pinhal bravo. As Culturas Permanentes, são

constituídas por uma mancha muito pequena localizada a sudoeste da freguesia de Famalicão. A quarta zona é a das culturas arvenses. É constituída por uma pequena mancha que envolve a Nazaré, e o norte da freguesia de Famalicão. Abundam ainda as zonas dos incultos, os afloramentos rochosos calcários e algum pinhal (CMN, 2007).

II.1.4. Clima

O clima é temperado atlântico, com 4 estações definidas, com fraca amplitude térmica. Chuvas predominantes no Inverno e Verão quente e seco. A zona é influenciada climaticamente pelo sistema montanhoso Montejunto/Estrela, pelo Cabo Carvoeiro e pelo Oceano Atlântico (CMN, 2007).

II.1.5. Demografia

De acordo com os dados dos censos populacionais, o concelho da Nazaré não apresenta grande homogeneidade na distribuição da população pelas suas freguesias. Na figura seguinte apresenta-se a evolução da população por freguesia do concelho da Nazaré.

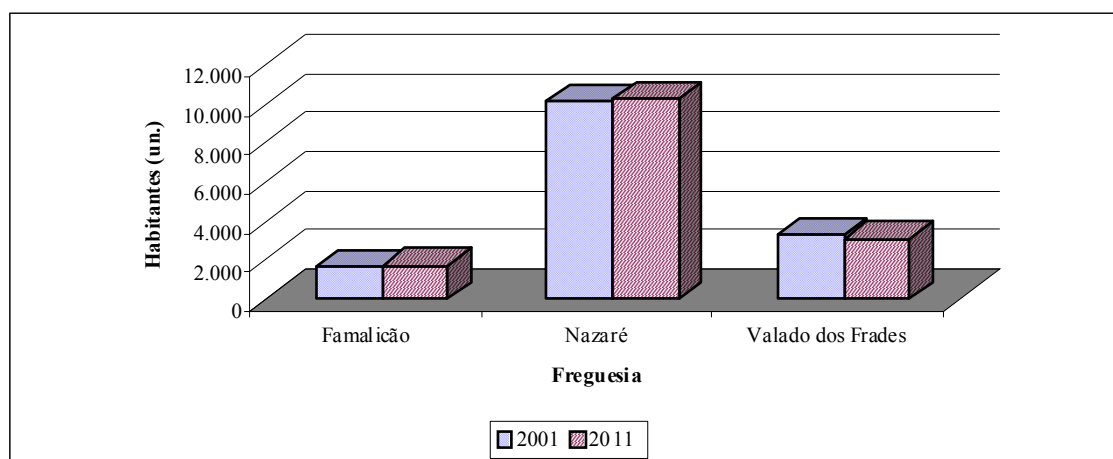


Figura 6 – Evolução populacional do concelho da Nazaré por freguesia.

(Adaptado de INE, Recenseamento geral da população 2001 e 2011)

Como é possível observar na figura anterior, em 2001 a população encontrava-se distribuída de forma não uniforme pela área concelhia: a freguesia da Nazaré tinha 10.080 habitantes, Valado dos Frades com 3.308 habitantes e Famalicão com 1.672 habitantes. Em 2011 a população não sofreu grande alteração no que concerne à

uniformidade, continuando a freguesia da Nazaré a agregar mais habitantes. Sendo assim, temos a freguesia da Nazaré com 10.224 habitantes, o Valado dos Frades e Famalicão com 3.107 e 1.737 habitantes, respectivamente.

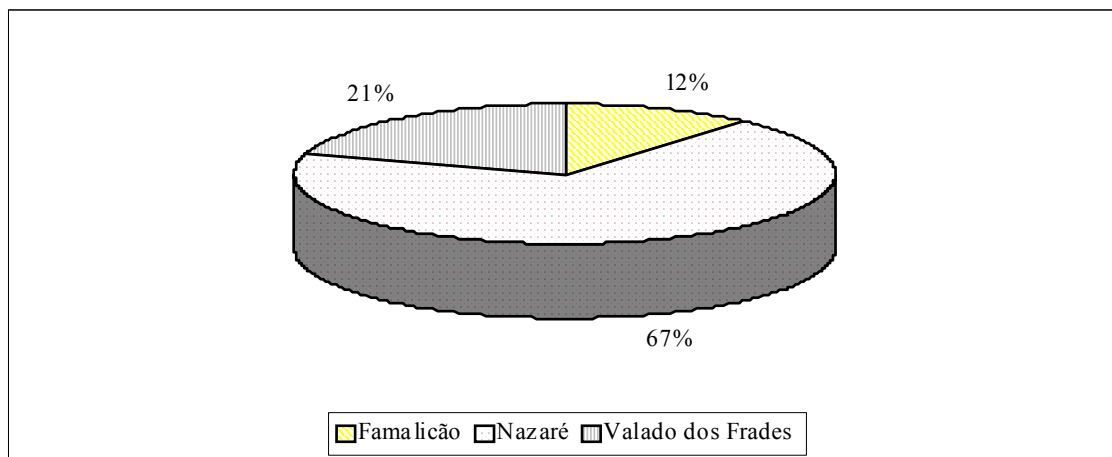


Figura 7 – Distribuição da população por freguesia.

(Adaptado de INE, Recenseamento geral da população 2001 e 2011)

De acordo com a figura anterior, em termos demográficos o concelho é “dominado” pela população da freguesia da Nazaré. Nesta freguesia residem 10.224 habitantes, ou seja 67 % da população do concelho. Na freguesia de Valado dos Frades reside 21% da população do concelho, ou seja residem nesta freguesia 3.107 habitantes. Os restantes 12%, ou seja 1.737 habitantes, residem na freguesia de Famalicão.

As freguesias da Nazaré e de Valado dos Frades possuem um tipo de povoamento concentrado, enquanto que em Famalicão predomina a dispersão. Os habitantes desta freguesia distribuem-se pelos lugares de Quinta Nova, Macarca, Rebolo, Serra da Pescaria, Raposos, Mata da Torre, Famalicão, Casal Mota, Salgado, Casais de Baixo e Casais de Cima. No concelho da Nazaré a população concentra-se nas áreas em que a actividade agrícola tem menor importância e tende a dispersar-se onde a sua importância aumenta (CMN, 2007).

Na tabela seguinte apresentam-se os dados referentes à população residente e à densidade populacional no concelho da Nazaré.

Tabela 6 – População residente e densidade populacional no concelho da Nazaré 2001-2011. (Adaptado de INE, Recenseamento geral da população)

Freguesia	Área (km²)	2001		2011	
		População Residente (hab)	Dens. Pop. (hab/km²)	População Residente (hab)	Dens. Pop. (hab/km²)
Famalicão	21,49	1.672	78	1.737	81
Nazaré	41,94	10.080	240	10.224	244
Valado dos Frades	19,06	3.308	174	3.107	163
Total do concelho	82,49	15.060	183	15.068	183

Analisando a tabela anterior, e relacionando a população com a área de cada freguesia, constata-se que a freguesia da Nazaré tem uma densidade populacional de 244 habitantes por km², a freguesia de Valado dos Frades conta com 163 habitantes por km² e a freguesia de Famalicão, por km², tem 81 habitantes.

Note-se que devido à forte componente turística da vila da Nazaré, a população cresce substancialmente nos meses de Verão, pelo que a população nesse período passa a ser de 25.000 a 30.000 habitantes (CMN, 2007).

III. REVISÃO DA LITERATURA

A escassez de água em algumas regiões do nosso planeta levou ao aumento da consciencialização de que a água potável não é um recurso ilimitado e que a sua protecção é indispensável para a manutenção do Homem, enquanto espécie. Nesta perspectiva é necessário iniciar uma mudança de comportamentos com vista à preservação deste bem para as gerações vindouras.

Neste capítulo apresentam-se alguns conceitos fundamentais no controlo e redução das perdas de água.

III.1 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água consiste num sistema de canalizações, órgãos e equipamentos, destinados à distribuição de água potável, instalado, em regra, na via pública, em terrenos da Entidade Gestora ou em outros, cuja ocupação seja do interesse público, incluindo os ramais de ligação às redes prediais (ERSAR, 2011). Um sistema de abastecimento de água comporta as seguintes etapas: captação, adução, armazenamento, armazenamento de água bruta, estação de tratamento de água (ETA), transporte (adução) de água tratada, armazenamento de água tratada e distribuição.

III.2 TIPOS DE PERDAS DE ÁGUA

As perdas de água são consideradas uma das razões principais da enorme ineficiência das entidades gestoras de abastecimento de água. Em Portugal, as perdas de água relativas à água aproveitada são de cerca de 35%. No período compreendido entre a captação e a distribuição de água ao consumidor final podem ocorrer muitas perdas, devido a roturas, fugas, redes mal dimensionadas, entre outros (Barata, 2006).

Podemos definir perda de água como “(...) sendo o volume de água perdido, avaliado pela diferença entre o volume de água entrado no sistema de abastecimento e o volume de água medido e estimado à saída, para os diferentes serviços de percurso (...)” (Covas, 1998).

É obvio que não existem sistemas de abastecimento com zero perdas, uma vez que todos os sistemas de abastecimento de água se deparam com um certo nível de perdas,

associado à produção e que varia em função da complexidade e características dos sistemas. Contudo, a maioria das entidades gestoras encontram índices elevados de perdas de água tratada devido à falta de gestão de adequada, que se manifesta pela falta de manutenção dos sistemas, pela existência de redes envelhecidas ou mal dimensionadas, pela ineficiência ou inexistência de um sistema de gestão de fugas e roturas, por sistemas pouco eficientes de leitura e cobrança, pela existência de contadores avariados, parados ou mal dimensionados (Alegre *et al*, 2005).

O montante económico que se perde com o volume de água produzida, que é posteriormente perdida, poderá impedir o investimento noutras vertentes, como por exemplo, na reparação, substituição ou reabilitação das redes de abastecimento existentes (Alegre *et al*, 2005).

Alegre *et al* (2005), divide as perdas de água em dois grupos: perdas reais e perdas aparentes.

III.2.1. Perdas Reais

Segundo Alegre *et al* (2005), a perda real é o volume de água correspondente às perdas físicas até ao contador do cliente, quando o sistema está pressurizado. Este tipo de perda é influenciado por diversos factores, nomeadamente:

- a. O estado das condutas e outros componentes, o seu material, a frequência de fugas e de roturas;
- b. Fugas ou extravasamento em reservatórios;
- c. A pressão de serviço média, quando o sistema está pressurizado;
- d. A densidade e comprimento médio de ramais;
- e. A localização do medidor domiciliário no ramal;
- f. O comprimento total de condutas;
- g. O tipo de solo e as condições do terreno, relevantes sobretudo no modo como torna aparente ou não a ocorrência de roturas e fugas;
- h. A percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (factor muito relevante em regiões com abastecimento intermitente).

As perdas reais devidas a extravasamento em reservatórios ocorrem geralmente devido ao mau funcionamento ou à falta da válvula de controlo de nível dos reservatórios.

Assim, Conejo *et al* (1999) considera que os factores que influenciam as perdas reais estão relacionados a diferentes origens e magnitudes, conforme se pode constatar na tabela seguinte.

Tabela 7 – Origem e magnitude das perdas reais. (Adaptado de Conejo *et al*, 1999)

Etapas do Sistema de Abastecimento	Origem da Perda	Magnitude
Captação	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas na adução; • Limpeza do poço de sucção; • Limpeza do filtro de remoção de areias 	Variável – depende do estado de conservação das instalações
Estação de Tratamento	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas na estrutura • Lavagem do filtro • Descarga das lamas 	Significativa – depende do estado de conservação das instalações e da eficiência operacional
Reservatório	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas na estrutura • Extravasamento • Limpeza 	Variável – depende do estado de conservação da estrutura e da eficiência operacional
Adução	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas na tubagem • Descargas 	Variável – depende do estado de conservação da tubagem e da eficiência operacional
Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> • Fugas na rede de distribuição • Fugas nos ramais • Descargas 	Significativa – depende do estado da tubagem e das pressões de serviço

Como se pode constatar na tabela anterior, as perdas reais com origem em fugas são a origem comum às várias fases de vida de um sistema de abastecimento. Torna-se, portanto necessário um controlo efectivo das perdas devido a fugas nas várias condições operacionais, que implicam não só encargos financeiros como o desperdício da água.

III.2.1.1. Intervenções para Controlo de Perdas Reais

São vários os métodos de controlo de perdas reais, estes métodos vão desde as zonas de medição e controlo, gestão de pressões até às técnicas de localização e reparação de fugas, as técnicas poderão ser utilizadas separadamente ou em simultâneo. Nos pontos seguintes descrevem-se alguns dos métodos mais utilizados no controlo das perdas reais de água.

III.2.1.1.1. Medição Zonada

A medição zonada é um instrumento que controla caudais através da sectorização da rede de distribuição num conjunto de zonas. Com esta divisão é permitido controlar a entrada e saída de água, em campanhas temporárias de medição de caudais, que podem ser permanentes ou periódicas. Permite obter uma informação mais precisa acerca dos caudais e dos consumos de zonas definidas as quais são denominadas de Zonas de Medição e Controlo (ZMC). A medição zonada é um processo, que segundo Alegre *et al* (2005), que envolve duas etapas:

1. Divisão da rede num conjunto de ZMC's, de forma a obter a medição dos caudais zonais, permitindo a identificação de roturas e avarias que de outra forma não seriam detectadas;
2. Utilização de técnicas de gestão de pressão dentro das ZMC que possibilitem a redução gradual do volume das perdas.

A medição zonada, segundo Alegre *et al* (2005), poderá ser utilizada para quantificar perdas em redes de distribuição através de dois métodos de cálculo baseados no balanço hídrico e na observação do comportamento dos consumos:

- Método dos caudais totais – baseia-se na contabilização volumétrica do balanço hídrico dentro de cada zona de medição, utilizando volumes de água medidos durante um intervalo de tempo, tipicamente uma semana, e subtraindo dos volumes de água afluente todos os volumes de água saídos e conhecidos, incluindo uma estimativa do consumo. O resultado será o volume de perdas nesse período, que deverá ainda ser decomposto nas componentes de perdas aparentes e de perdas reais;

- Método dos caudais nocturnos – baseia-se na observação do comportamento do caudal durante as horas de menor consumo, que ocorrem tipicamente durante a noite, e durante as quais é lícito supor que uma parte significativa (em geral, a maior parte) do caudal total escoado se deva a perdas reais, sendo essa fracção susceptível de ser estimada. Permite simultaneamente acompanhar o comportamento dos caudais nocturnos e detectar qualquer aumento súbito, que possa eventualmente ser associado a uma nova fuga, com maior clareza e prontidão.

A dimensão de uma ZMC é muito variável, dependendo dos condicionalismos locais, em especial a topologia da rede, a densidade populacional e a densidade de ramais.

A concepção e instalação de um sistema de medição zonada engloba um conjunto de fases, conforme é possível constatar na figura seguinte.

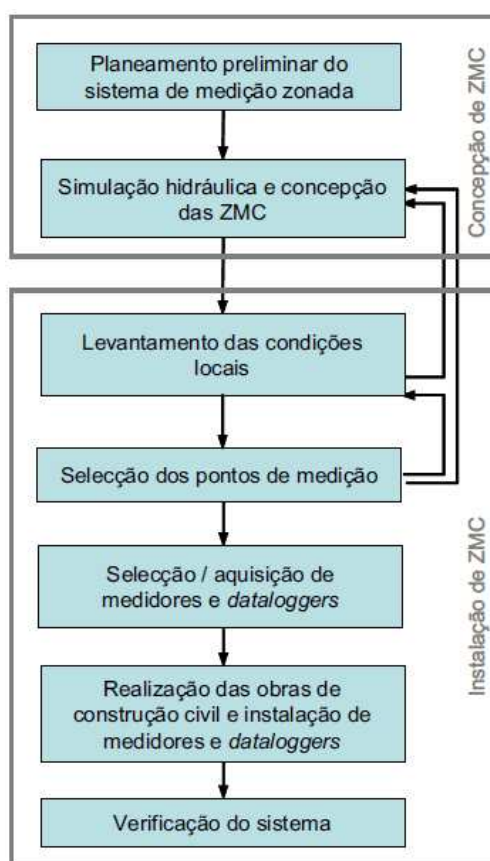


Figura 8 – Fase de concepção e instalação de um sistema de medição zonada.

(Adaptado de Alegre et al, 2005)

Conforme foi possível observar na figura anterior, um sistema de medição zonada divide-se em duas fases, a concepção e a instalação.

Concepção de uma Zona de Medição e Controlo

A concepção de ZMC consiste inicialmente no planeamento preliminar do sistema de medição zonada, o qual é efectuado com base no cadastro da rede e no modelo de simulação, e deverá ter em conta os seguintes aspectos:

- Dimensão – depende das condições topológicas e operacionais da rede. É efectuada com base no nº de ramais;
- Contagem de consumidores – consiste em identificar os consumidores de cada ZMC;
- Definição de limites – é efectuado com base na topologia natural e fronteiras hidráulicas da rede, minimizando o custo de instalação e manutenção do “esquema”.

Após o planeamento do sistema, deverá ser efectuada uma simulação hidráulica e concepção das ZMC, consiste na utilização de modelos de simulação hidráulica que permitam aferir a viabilidade de instalação das ZMC definidas preliminarmente no planeamento do sistema.

Instalação de Zona de Medição e Controlo

Após a fase de concepção da zona de medição é necessário surge a instalação da ZMC. Esta fase dever-se-á ter em conta um conjunto de aspectos, que se passam a enumerar:

1. Levantamento das condições locais - nesta fase procede-se ao levantamento cuidadoso do local escolhido para o medidor. É nesta fase que as incorrecções eventualmente contidas no cadastro são detectadas e em que alguma informação adicional, não registada, é obtida;
2. Selecção dos pontos de medição;
3. Selecção do tipo de medidor de caudal a utilizar – é escolhido em função da gama de caudais esperada e da função a desempenhar, com base nos resultados de simulação hidráulica;
4. Realização de obras de construção civil e instalação de medidores de caudal;

5. Verificação do sistema – a verificação consiste em garantir que:

- A fronteira da ZMC é “estanque”, ou seja, todas as válvulas que devem estar fechadas o estão realmente;
- Todos os medidores estão operacionais e a funcionar correctamente.

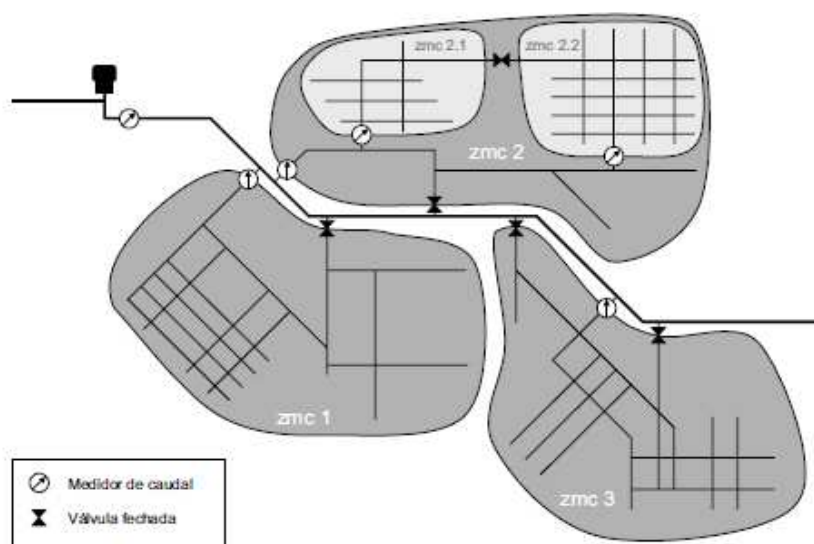


Figura 9 – Exemplo de um sistema de medição zonada. (Alegre *et al*, 2005)

III.2.1.1.2. Gestão de Pressões

A gestão activa das pressões é determinante no controlo das perdas de água, visto que tem um papel fundamental no caso dos caudais totais de perdas, bem como nos consumos e nas taxas de roturas em condutas. Geralmente é atribuído um valor mínimo de pressão ao sistema de abastecimento, quando se trata da situação mais desvantajosa de consumos e nos pontos mais críticos da rede. Durante o período nocturno em que o consumo é menor, as pressões tem tendência a aumentar, pelo que devem ser reduzidas mais ainda do que no período diurno. Alegre *et al* (2005) defende que a gestão das pressões significa redução de perdas, e consequentemente a redução do número de roturas e uma melhor gestão de consumos.

A gestão activa das pressões apresenta alguns benefícios que importa enunciar:

- Redução do caudal das perdas de água;
- Redução do consumo em dispositivos que estão sujeitos à pressão do sistema público;
- Estabilização da pressão existente no sistema de distribuição;

- Protecção da parte infra-estrutural da rede de abastecimento e a redução da ocorrência de roturas;
- Garantia de caudais de incêndio.

Contudo, a gestão de pressões acarreta alguns problemas, nomeadamente as redes de abastecimento não forem correctamente dimensionadas, executadas, operadas e mantidas, esta situação poderá implicar:

- Perda da facturação;
- Enchimento deficiente dos reservatórios em período nocturno;
- Mau funcionamento das válvulas redutoras de pressão

A gestão de pressões pode resultar no aumento ou diminuição das pressões em diferentes sectores das redes de distribuição, sendo muitas vezes necessário adoptar sistemas dinâmicos que tenham uma resposta activa às variações diárias ou outras. Desta forma existem diversas de proceder ao controlo das pressões, das quais se destacam as seguintes:

1. Sectorização – é efectuada com recurso à operação de válvulas de seccionamento, de forma a estabelecer andares de pressão, e consiste na definição de zonas homogéneas em termos das características hidráulicas, estado de conservação da rede incluindo ramais, e tipologia dos padrões de consumo conjugando com as zonas consideradas vulneráveis a partir da análise dos registos de roturas;
2. Válvulas redutoras de pressão – são acessórios que permitem obter uma pressão predefinida a jusante da sua instalação. Existem diferentes tipos de válvulas redutoras de pressão, com actuação mecânica, eléctrica ou hidráulica, podendo ser divididas em quatro tipos principais (Alegre *et al*, 2005):
 - a. Pressão de saída fixa (sem controlador) – utilizada quando se pretende obter um valor de pressão fixo à entrada de uma zona. Aplica-se em zonas onde se verificam pequenas variações no consumo e perdas de carga relativamente pequenas (<10 m.c.a.);
 - b. Pressão de saída modulada por tempo – apropriada para casos em que o sistema apresenta perdas de carga significativas (>10 m.c.a.) e em que o

perfil de consumo seja regular. É particularmente adaptada para situações de pressão nocturna excessiva;

- c. Pressão de saída modulada pelo caudal – recomendada nas situações em que existem grandes perdas de carga no sistema (por exemplo, em grandes áreas) e mudanças no perfil de consumo que podem ser causadas por variações no tipo de uso ou na população (por exemplo por efeito da sazonalidade).
 - d. Pressão de saída modulada por pressão em ponto crítico – este tipo de válvula pode ser controlada, por exemplo, via telefone ou rádio, em função da pressão verificada num ponto crítico da zona, sendo a pressão de saída da válvula ajustada de forma a não se verificar excesso de pressão durante todo o período. Assim, pode ser mantida a pressão no ponto crítico num valor pré-determinado.
3. Sobrepessoras, - em zonas da rede de distribuição em que se verifiquem pressões deficientes, principalmente nos picos de consumo, pode ser prevista a colocação de uma sobrepessora, que permitirá elevar a pressão localmente sem aumentar noutros sectores da rede.
 4. Reservatórios e instalações elevatórias – qualquer reservatório ou instalação elevatória apresenta algum potencial para controlo de pressão a um custo relativamente baixo. Os níveis operacionais dos reservatórios devem ser estabelecidos de modo a minimizar as pressões elevadas e a evitar a ocorrência de extravasamentos que podem estar na origem de perdas significativas.

Independentemente do método escolhido para a gestão de pressões, qualquer opção deverá precaver os requisitos de funcionamento do sistema e avaliar os efeitos de novos esquemas de gestão da pressão incluindo:

- Garantia das pressões mínimas e máxima em qualquer ponto do sistema e influência da topografia;
- Estabilidade da pressão na rede de distribuição;
- Garantia dos caudais de incêndio;
- Garantia dos caudais e pressões em edifícios altos e instalações industriais;
- Relação entre pressão e caudais em fugas existentes e efeitos na redução do caudal de perdas e na taxa de ocorrência de novas fugas ou roturas;

- Efeito na redução do consumo em dispositivos sujeitos à pressão do sistema público;
- Previsão dos efeitos da gestão de pressões sobre perda de facturação;
- Garantia do enchimento eficiente dos reservatórios em período nocturno;
- Garantia de condições e estabelecimento dos procedimentos para evitar o funcionamento deficiente das válvulas redutoras de pressão.

III.2.1.2. Localização de Fugas

A detecção e localização de fugas são terminologias distintas, tendo cada uma a sua definição própria. A detecção de fugas consiste na redução de uma fuga a uma secção do tubo da rede de abastecimento, através da análise dos dados das zonas de medição e controlo. A localização permite a identificação de uma fuga antes da escavação e reparação, no entanto, não é garantido que se encontre a localização exacta.

Segundo Alegre *et al* (2005), a localização das fugas pode ser determinada através de metodologias que se podem agrupar em dois grupos: localização aproximada e da localização-deteção exacta.

Os métodos de localização aproximada baseiam-se no estreitar da malha de medição, sejam através do subzonamento interno, ou do fecho progressivo utilizando o medidor da zona de medição e controlo. Dos métodos existentes destacam-se:

- Subzonamento – Quando a monitorização mostra que o nível de perdas numa zona de medição e controlo aumentou acima do nível-base, é necessário que existam válvulas cujo fecho permita a medição de subzonas. No entanto, esta subdivisão depende também da disposição dos medidores, para que seja possível tal subdivisão, ou da utilização de equipamento de medição móvel por períodos temporários. Como acontece na totalidade das zonas de medição e controlo, as subzonas também são alvo de medição e cálculo de caudais nocturnos, ocorrendo o encerramento das mesmas só durante o tempo necessário. Se o fecho causar problemas, o teste deverá ocorrer durante a noite. Existe também a solução que passa por instalar medidores permanentes ao longo das fronteiras das subzonas em que não é necessário o isolamento, sendo a leitura dos mesmos efectuada quando for necessário recorrer a campanhas de subzonamento. A

aplicação das duas técnicas é também aceitável, o esquema das mesmas encontra-se representado na figura seguinte.

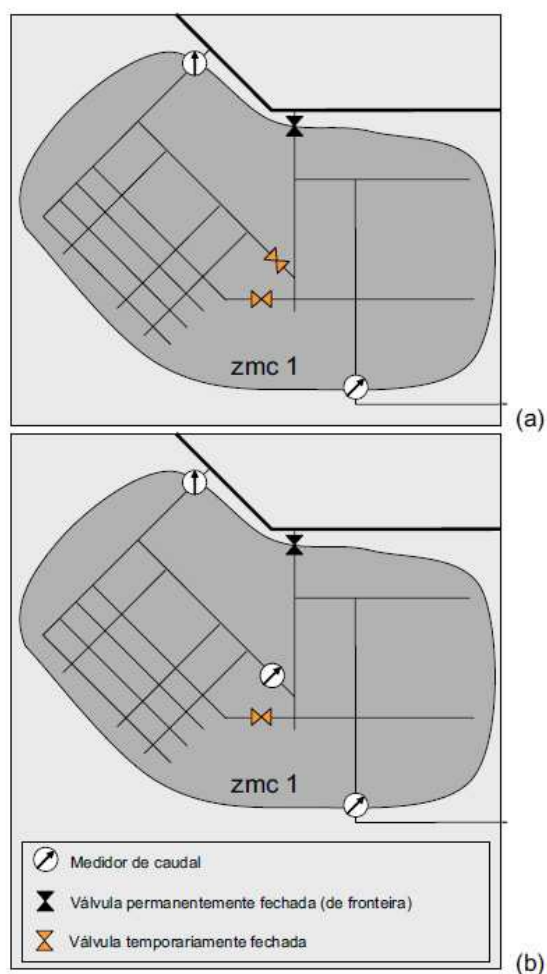


Figura 10 – Localização aproximada por subzonamento: (a) por fecho de válvulas e (b) utilizando medidores. (Adaptado de Alegre et al, 2005)

- ii. Fecho progressivo – consiste em fechar progressivamente as válvulas contidas na zona de medição e controlo, com início nas zonas hidraulicamente periféricas e percorrendo o sentido do medidor, o que permite isolar e a medir áreas progressivamente mais pequenas, que se centrem no ponto de medição da zona de medição e controlo. Esta técnica é efectuada em período nocturno e temporariamente. Através do registo do caudal nocturno em cada secção, ao observar-se uma redução significativa de uma secção para a seguinte, irá permitir o estreitamento espacial da busca.

Como a própria designação indica, os métodos baseados na localização-deteção exacta, baseiam-se na localização exacta de uma fuga. Estes métodos centram-se, na sua maioria, na detecção do ruído provocado pela fuga. Basicamente, uma fuga de água que ocorre numa conduta sob pressão emite um ruído específico, definido por uma gama de frequências determinada que será detectada pelos métodos acústicos (Alegre et al, 2005). Dos métodos disponíveis destacam-se:

- i. Sondagem acústica directa – consiste em sondar, através de aparelhos de escuta, os pontos mais acessíveis da tubagem, ou seja, válvulas, torneiras e marcos de incêndio. O ponto sondado que emitir maior intensidade será aquele que se encontra mais perto da fuga. A vertente da sondagem directa é a sondagem de superfície ou indirecta, em que se escuta os pontos na superfície directamente acima da tubagem, onde a rigidez, compacticidade e homogeneidade do solo e da superfície o permitam. Apresenta como principais vantagens: o baixo custo do equipamento; a velocidade em que é efectuada a verificação dos pontos de escuta (em condições de pouco ruído de fundo, normalmente de noite); e a possibilidade de detectar fugas além da ligação particular. Como desvantagens consideram-se: a dificuldade por vezes em diferenciar o ponto de maior intensidade acústica; o facto da localização deste nem sempre coincidir com o acessório mais próximo da fuga; quando o ruído de fundo é elevado torna-se ineficaz ou impossível de utilizar (por exemplo em espaços em que se mantenha durante a noite, perto de instalações industriais, estações de bombeamento, etc.); a dependência do operador e da sua experiência; e a possibilidade do ruído emitido pelas fugas não ser audível o suficiente.

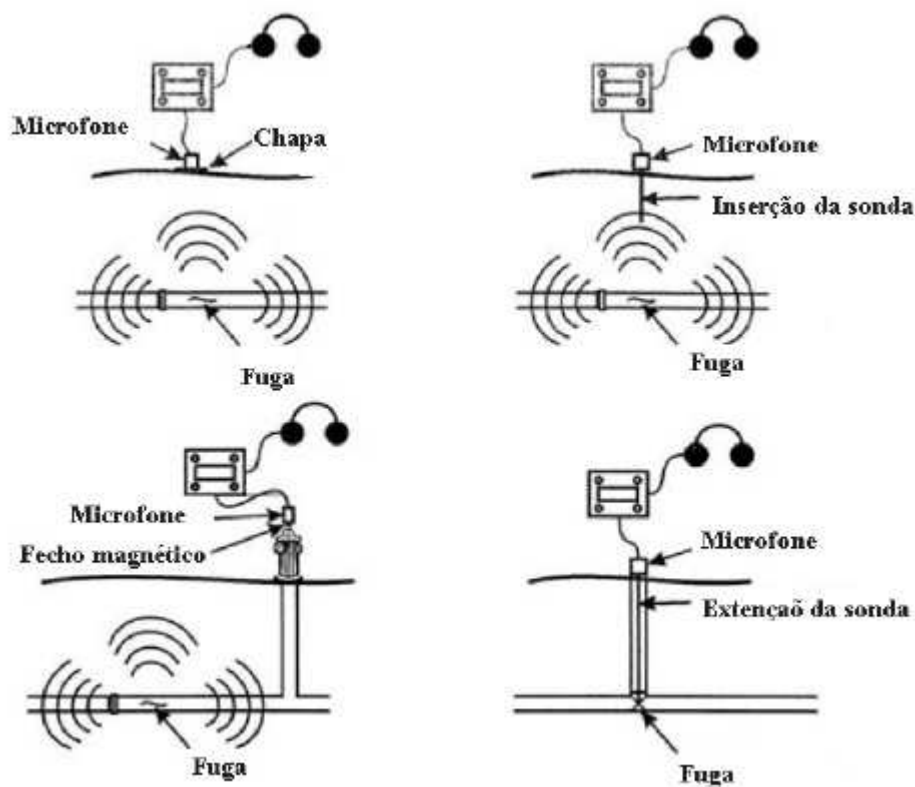


Figura 11 – Esquemas de sondagem acústica. (Adaptado de Sharma, 2008)

- ii. Correlação acústica – consiste na utilização de um aparelho de localização chamado de correlador acústico, que escuta dois pontos diferentes da tubagem e obtém a posição relativa da fuga por correlação cruzada, através do cálculo da diferença de tempo verificada no registo das mesmas frequências captado por dois microfones. A utilização de correladores portáteis com amplificação via rádio, tornaram esta técnica muito eficaz. É de grande utilidade em áreas urbanas onde existe um rol de acessórios (pontos de escuta). O processo consiste primariamente no levantamento da área alvo de estudo e seguidamente na detecção das fugas das tubagens identificadas.

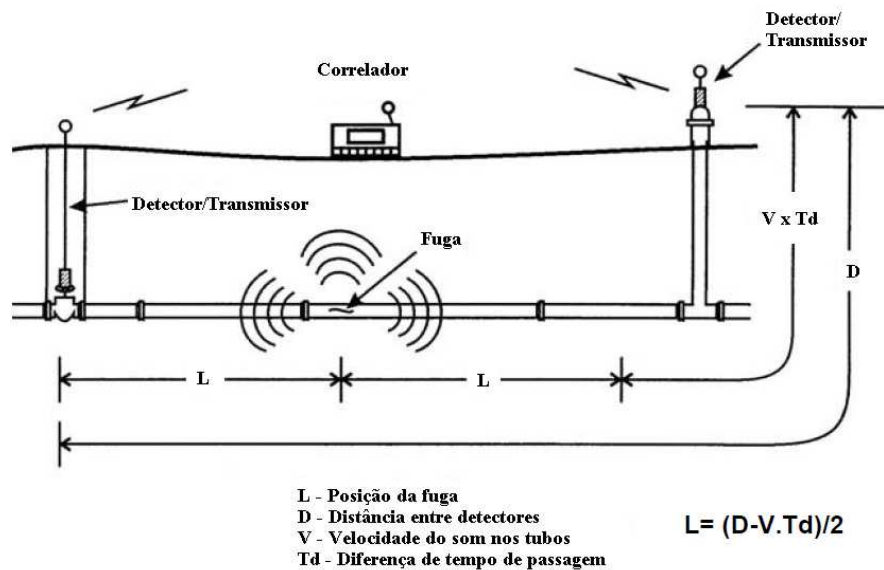


Figura 12 – Esquema de correlação acústica. (Adaptado de Sharma, 2008)

- iii. Outros métodos – indicadores de humidade anormal no solo, como a formação de musgo ou crescimento de vegetação até mesmo ao aparecimento da água em si, são características da existência de fugas que permitem ao inspector que efectua a sondagem acústica estreitar consideravelmente a busca. Outro dos métodos é a inspecção através de uma câmara de vídeo controlada remotamente (CCTV, ou *closed-circuit television*), técnica utilizada basicamente em programas de reabilitação de sistemas. É um método bastante dispendioso devido ao custo elevado dos equipamentos, exige operadores experientes e não é uma opção habitual na detecção de fugas. Através do isolamento da tubagem é efectuada uma abertura, por norma feita numa junta, onde é introduzida uma pequena câmara móvel que percorre o troço até que seja identificado e localizado o problema. Por fim, outra técnica utilizada é a identificação directa por escavação da conduta, o comprimento da tubagem é cada vez mais reduzido, procedendo-se à divisão de cada troço em dois, onde é efectuada o ensaio à estanquidade de cada metade e prosseguindo-se para a metade a que corresponde a fuga. Apesar de se tratar de situações extremas, por vezes não podem ser evitadas (Alegre *et al*, 2005).

Todos os métodos de localização e detecção de fugas são importantes, quer individualmente quer conjugados, contudo nem sempre existem condições propícias

para a sua aplicação, uma vez que existem diversos factores que podem dificultar a sua localização, entre os quais Farley (2001) destaca:

- i. Fontes de interferência: condições ambientais normais podem interferir nos métodos acústicos de detecção de fugas; variação das características do solo, como a pressão de água e a humidade; exigência de operadores com experiência no caso de áreas onde o ruído é complexo;
- ii. Acesso a pontos de ensaio: a distância entre o detector e a fuga;
- iii. Localização dos tubos: em redes antigas pode ser difícil aceder aos tubos, devido à inexistência de registos ou ao facto de os mesmos não estarem correctos e actualizados.
- iv. Tubos de plástico: em segmentos compostos por tubos de plástico a detecção das fugas é complicada, uma vez que a propagação do ruído em tubos de plástico não é tanta quanto aos tubos metálicos, o plástico absorve as vibrações;
- v. Tubos revestidos: as características do ruído emitido por tubos revestidos não estão bem definidas, na medida que as fugas de água podem viajar entre o tubo e o metal e surgirem num ponto distante da origem da fuga;
- vi. Várias fugas: geralmente os correladores são programados para analisar e localizar fugas únicas; múltiplas fugas no mesmo segmento devem ser tratados de maneira diferente.

III.2.1.3. Reparação do Sistema

Para Alegre *et al* (2005), as intervenções de reparação decorrentes da localização de fugas são pontuais, e fazem uso das mesmas técnicas adoptadas na reparação de avarias reportadas. Contudo, quando os níveis de perdas reais são muito elevados numa determinada zona ou a taxa de roturas indicia um mau estado geral de conservação, pode ser preferível proceder a intervenções mais abrangentes, de reabilitação. As operações de reabilitação consistem em diversas técnicas, que podem ser definidas da seguinte maneira:

- i. Reabilitação – qualquer intervenção física que prolongue a vida útil de um sistema existente e ou melhore o seu desempenho hidráulico, estrutural ou de qualidade da água, envolvendo a alteração da sua condição ou especificação técnica;

- ii. Renovação – consiste numa intervenção sobre um componente do sistema existente, com o seu aproveitamento funcional e sem aumento da capacidade de utilização original;
- iii. Restauro – é sinónimo de renovação e utiliza-se habitualmente para os equipamentos.
- iv. Substituição – consiste numa intervenção sobre um componente do sistema existente, com a sua desactivação funcional e construção ou instalação de um novo componente, tendo este últimas funções e capacidade semelhantes ou distintas das existentes;
- v. Reconstrução – é um caso particular da substituição e consiste numa intervenção de reabilitação com construção de uma nova tubagem para substituição de uma tubagem existente que é colocada fora de serviço, tendo a nova tubagem função e capacidade semelhantes às da existente (ex. o mesmo diâmetro).
- vi. Reforço – consiste numa intervenção de reabilitação hidráulica sobre um componente do sistema existente, com a construção de um componente adicional, que complementa a capacidade do componente existente ou constitui uma alternativa a ele.”

As operações de reabilitação dizem respeito à reabilitação estrutural, reabilitação hidráulica e reabilitação de qualidade da água.

Existe uma certa dificuldade em decidir quando, onde e como proceder à reabilitação das redes de distribuição, pelo que esta decisão obriga a um profundo estudo sobre o sistema a intervir.

III.2.2. Perdas Aparentes

A perda aparente é o volume correspondente a todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito) (Alegre *et al*, 2005).

À semelhança das perdas reais, Alegre *et al* (2005), considera que este tipo de perdas está associado a diversos factores, nomeadamente:

- a. Estabelecimento e uso de ligações ilícitas;
- b. Utilização fraudulenta de marcos de incêndio e bocas-de-incêndio, localizadas quer em locais público quer particulares;
- c. Erros de medição dos contadores em condições normais de funcionamento (sub- medição);
- d. Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- e. Erros de leitura ou registo;
- f. Erros de medição por avaria (“natural” ou por violação do equipamento);
- g. Ausência de leitura por dificuldade de acesso ao contador.

Para Moura *et al* (2004) a magnitude que os factores têm sobre as perdas aparentes, pode ser significativa, uma vez que a mesma depende dos procedimentos de cadastro, de facturação, da manutenção preventiva e adequação dos contadores ao tipo de utilizador e da monitorização do sistema.

III.2.2.1. Intervenções para Controlo de Perdas Aparentes

À semelhança das intervenções para controlo de perdas reais, também existem vários métodos de controlo das perdas de água aparentes. Segundo Viegas *et al* (2006) estes métodos consistem no combate à utilização fraudulenta, à gestão do cadastro de consumidores e gestão dos contadores instalados. Nos pontos seguintes descrevem-se estes métodos.

III.2.2.1.1 Combate à Utilização Fraudulenta

Este método de intervenção é o mais complicado de aplicar, em virtude das utilizações indevidas de marcos de incêndio e bocas-de-incêndio ocorrerem em locais de pouco movimento ou em propriedade privada; ou então em propriedade privada, no caso do estabelecimento de ligações ilícitas.

De modo a evitar, a utilização indevida marcos de incêndio e bocas-de-incêndio, o método deverá consistir na limitação ao uso dos mesmos, através da utilização de válvulas de seccionamento, de tampas anti-roubo.

No caso das ligações ilícitas, o combate à utilização fraudulenta passa por inspecções periódicas a imóveis com suspeita de fraude mediante critérios definidos pela entidade gestora

III.2.2.1.2 Gestão do Cadastro de Consumidores

A gestão do cadastro de consumidores deverá centrar-se nos seguintes aspectos:

- Actualização do cadastro comercial adequando os parâmetros de leituras (zona e roteiro) aos contadores existentes;
- Estabelecer e manter actualizado o registo de edifícios ligados à rede, para servir de base à facturação do serviço;
- Registar os consumidores por tipo e categorias, de modo a garantir “o acesso universal à água para as necessidades humanas básicas, a custo socialmente aceitável, e sem constituir factor de discriminação ou exclusão” (Princípio do valor social da água - Lei da Água, 2005)

III.2.2.1.3 Gestão dos Contadores Instalados

A gestão dos contadores instalados ou do parque de contadores deverá consistir em:

- Adequar a capacidade dos contadores instalados ao consumo e tipo de consumidor;
- Instalar contadores conjugados nos consumidores com consumo maior ou igual a 50 m³/mês (Grandes Consumidores);

- Implantar um plano de substituição permanente com base nos contadores parados, contadores danificados e/ou partidos e com tempo de instalação superior ao estipulado no Decreto-Lei 71/2011 de 16 de Junho e na Portaria 962/90 de 9 de Outubro.

III.3 DIMENSÃO DOS BENEFÍCIOS DA REDUÇÃO DE PERDAS DE ÁGUA

Alegre et al (2005) considera que a redução das perdas de água apresenta benefícios a diferentes dimensões, nomeadamente: ambiental, económica, técnica, saúde pública e social.

III.3.1. Dimensão Ambiental

A dimensão ambiental é caracterizada pelo impacto positivo em termos de redução do caudal captado nos recursos hídricos. Esta dimensão assume uma enorme relevância nas regiões onde a escassez de água com qualidade adequada à produção de água para consumo humano tornou-se muito mais expressiva com a entrada em vigor do Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto. A transposição da Directiva Quadro da Água através da Lei da Água, traduziu-se no aumento das restrições para a construção de novas captações, não sendo ambientalmente aceitável reforçar captações existentes ou construir novas se a jusante os níveis de perdas forem elevados. Assim, e independentemente das características físicas e topológicas dos sistemas de abastecimento, é do interesse da entidade gestora ter uma noção clara da parcela de água que entra no sistema que é perdida por fugas e extravasamentos (Alegre *et al*, 2005).

III.3.2. Dimensão Económica

A dimensão económica é caracterizada pela redução de custos de energia, de reagentes ou da eventual aquisição de água a entidades produtoras. As perdas de água resultam do facto de nem toda procura de água ser verdadeiramente bem aproveitada visto que, uma parte importante está associada à ineficiência do uso e uma outra, associada aos sistemas de abastecimento, sob a forma de perdas e desperdícios (Baptista *et al*, 2001).

Sendo a água um factor essencial para o desenvolvimento sócio económico do País, estima-se que a procura de água para o sector urbano seja cerca de 570 milhões de metros cúbicos por ano, o que se traduz num custo de 875 milhões de euros, representando 0,77% do PIB nacional e consequentemente um recurso estratégico e estruturante (Alegre *et al*, 2005). Perante este facto, há necessariamente que se garantir uma elevada eficiência no seu uso, como contributo para a sustentabilidade dos recursos naturais. Essa ineficiência, que corresponde em média a 40%, traduz-se em cerca de 240 milhões de metros cúbicos por ano, com custos estimados em 370 milhões de euros (Alegre *et al*, 2005).

III.3.3. Dimensão Técnica

A dimensão técnica caracteriza-se pela melhoria do estado de conservação dos sistemas. Não existem redes de abastecimento de água totalmente estanques. As fugas e os extravasamentos nos sistemas de abastecimento de água são inevitáveis, contudo numa rede bem dimensionada, construída e mantida apresentará poucas perdas de água. Os volumes de perdas reais elevados, devem merecer das entidades gestoras grande atenção, já que significam que a rede não está em boas condições, mesmo que o valor económico da água perdida possa ser insuficiente para justificar intervir (Alegre *et al*, 2005).

Em Portugal, o comprimento de rede de distribuição de água teve um aumento enorme durante o último quarto do século XX. As entidades gestoras concentraram quase toda a sua capacidade de financiamento na construção de novas infra-estruturas, frequentemente fazendo prevalecer a quantidade sobre a qualidade e restringindo as acções de manutenção à reparação de avarias aparentes. Desta situação, compreensível se devidamente contextualizada, decorre uma degradação precoce de muitas dessas infra-estruturas. A avaliação das perdas reais constitui uma forma privilegiada de identificar as situações mais graves a carecer de intervenção. Ao nível técnico é possível intervir em duas vertentes principais (Alegre *et al*, 2005):

- Em termos físicos, através de reparações pontuais ou de reabilitação dos sistemas ou de parte destes;

- Em termos de operação, minimizando a probabilidade de ocorrência de contaminações exteriores e gerindo as pressões para que estas não sejam mais elevadas do que o necessário à prestação de um bom serviço aos consumidores.

III.3.4. Dimensão de Saúde Pública

A dimensão de saúde pública é caracterizada pela garantia de qualidade da água para consumo humano. As perdas reais devidas a fugas ocorrem por falta de estanquidade dos sistemas. Desta forma, os pontos onde existem fugas são potenciais focos de contaminação da água fornecida aos consumidores. Se a probabilidade de contaminação é baixa quando todo o sistema está pressurizado, com pressões internas superiores às externas, o mesmo não ocorre quando há necessidade de interromper o fornecimento por qualquer razão. Nestas circunstâncias a pressão interna baixa e a probabilidade de ocorrência de contaminações aumenta substancialmente. Note-se ainda que a pressão interna baixa mais rapidamente nos sistemas menos estanques. Assim, mesmo que o valor económico da água perdida não compense o investimento necessário para as reduzir, a dimensão de saúde pública não pode deixar de ser considerada. A adição de desinfectante residual minimiza os riscos, mas como se sabe hoje em dia esta não é uma solução ideal, sendo melhor actuar na prevenção do que na correcção pós ocorrência (Alegre *et al*, 2005).

III.3.5. Dimensão Social

A dimensão social caracteriza-se pela garantia da qualidade de serviço a um custo acessível.

As perdas de água serão provavelmente os factores de ineficiência das entidades gestoras para os quais a sociedade é mais sensível e está mais alertada, sobretudo quando ocorrem aumentos nos tarifários. O Decreto-Lei 194/2009 de 20 de Agosto, na sequência da transposição da Directiva Quadro da Água, obriga que a tarifa aplicada ao utilizador reflecta os custos reais, o que implicou aumentos significativos do preço da água em regiões do país onde tal não acontecia. Por outro lado, as exigências de qualidade da água fornecida ao consumidor, introduzidas pelo Decreto-Lei 306/2007 de

27 de Agosto, também implicaram o aumento de custos, que passaram a estar reflectidos nas tarifas.

A imagem externa das entidades gestoras assume cada vez mais um papel fundamental na relação com o utilizador, pelo que o controlo das perdas de água assume-se como uma questão de gestão de imagem. Outro aspecto relacionado com a dimensão social das perdas de água prende-se com o papel que o cidadão comum pode ter como agente activo do processo. Se devidamente informado e motivado a participar, pode prestar um auxílio de grande valia na localização de fugas visíveis e na melhor monitorização dos consumos domésticos (Alegre *et al*, 2005).

III.4 EFEITOS DAS PERDAS DE ÁGUA

São vários os efeitos que as perdas de água têm sobre as infra-estruturas e sobre o sistema de abastecimento de água.

III.4.1. Danos nas Infra-estruturas

Os danos nas infra-estruturas, são resultantes da criação de espaços vazios que podem levar ao colapso de vias de comunicação e de edifícios (Alegre *et al*, 2005), assim como devido a assentamentos e vazios (Farley, 2001), como se pode observa na figura 13.



Figura 13 – Colapso de uma faixa de rodagem devido a uma rotura de água.

(Adaptado de Sharma, 2008)

Embora os programas de controlo de perdas não possam evitar as catástrofes que ocorrem ao longo do tempo e que causam danos consideráveis nas vias de comunicação e nos esgotos, existe um nível de perdas que pode causar danos semelhantes ao longo de um período de tempo, tais como perdas nas juntas e acessórios e alimentação deficiente. Estas perdas podem permanecer indetectáveis por períodos consideráveis, até que levem ao desmoronamento de, por exemplo, uma estrada ou caminho. Uma política de controlo de perdas permite proceder a reparações rapidamente, evitando os danos e controlando as perdas eficazmente. Apesar dos danos que as perdas podem causar nas infra-estruturas, existe também o risco de danificar fundações e muros rachados (Farley, 2001).

III.4.2. Efeitos sobre o Consumidor

O efeito mais comum das perdas ligado ao bem-estar do consumidor diz respeito à falha do abastecimento, e/ou quando a pressão se torna excessivamente baixa. Esta situação pode ao reduzir a pressão nas torneiras, nos chuveiros e noutros aparelhos.

Geralmente através das queixas do consumidor é possível obter a indicação da existência de fugas nos sistemas de abastecimento. A pressão em algumas partes do sistema pode ser reduzida sobretudo nas extremidades ou pontos altos do sistema. Os autoclismos podem demorar mais tempo a encher, e os chuveiros, máquinas de lavar roupa, e outros aparelhos domésticos alimentados directamente a partir do sistema de abastecimento podem não funcionar. O que leva, obviamente à insatisfação do consumidor. O efeito é agravado quando a alimentação é feita a baixa pressão e onde a oferta é já em défice (Farley, 2001).

III.4.3. Perdas Financeiras

As perdas financeiras resultam da reparação de danos das infra-estruturas, bem como de pagamentos de indemnizações. Para além destes, existem custos directos associados às perdas. Pode ainda atribuir-se às perdas o aumento dos custos de bombagem e de electricidade, e desnecessários custos de capital de novas fontes de alimentação e todas as extensões. Através do controlo de perdas torna-se possível alcançar uma solução que leva à economia. Mas as implicações financeiras abrangem também os custos

administrativos, que visam responder às denúncias dos consumidores. No entanto, torna-se complicado explicar como as perdas de águas continuam a aumentar, quando se assiste a épocas de seca (Farley, 2001). Por outro lado, o abastecimento de água for intermitente pode levar à introdução de ar na rede de distribuição, o que pode provocar danos nos contadores, causando um excesso de medição do consumo real e erros nas facturas da água (Alegre *et al*, 2005). Mais, o aumento de carga dos esgotos, devido a infiltrações resultantes das perdas de água podem levar à necessidade de redimensionamento do esgoto (Alegre *et al*, 2005).

III.4.4. Perdas Financeiras

As perdas de água podem provocar riscos para a saúde pública devido à contaminação do sistema de abastecimento através de infiltrações a partir da rede de esgotos, que possam penetrar nas articulações danificadas, tubagens e acessórios (Farley, 2001). Em sistemas de baixa pressão ou quando o fornecimento é intermitente pode causar riscos para a saúde pública, ao permitir a infiltração de esgotos e outros poluentes nas tubagens de abastecimento (Alegre *et al*, 2005).

III.5. FACTORES QUE INFLUENCIAM AS PERDAS DE ÁGUA

Os factores que influenciam as perdas de água são de extrema importância para entender o fenómeno das perdas de água. Assim, consideram-se como relevantes os seguintes factores.

III.5.1. Pressão

O aumento da pressão pode levar ao aumento da taxa de perdas derivadas de derrames dos tubos e articulações defeituosas. Em sistemas mais antigos, um aumento na pressão, mesmo que numa distância pequena, pode resultar num grande número de roturas que ocorrem num curto espaço de tempo. Inversamente, a redução da pressão pode levar à redução da frequência de roturas. A pressão alta vai levar ao aumento do ritmo a que a água escapa através do buraco, o que pode levar à localização da fuga, através de: (a)

antecipação do aparecimento da fuga mais cedo e (b) aumento do nível de ruído provocado pela fuga. O aumento súbito da pressão, pode acontecer quando uma bomba é ligada demasiado depressa, ou uma válvula é aberta ou fechada demasiado (Farley, 2001).

III.5.2. Movimentação e Características do Solo

A característica do solo é um factor importante, pois a duração do período de uma fuga pode ser afectada pelo tipo de solo, ou seja, pela sua permeabilidade. Por exemplo, no caso de alguns solos como a argila, a água no subsolo proveniente das fugas pode aparecer na superfície com bastante rapidez, enquanto que em outros solos, compostos por exemplo por cal ou arenosos, fugas idênticas podem nunca se revelar. Neste sentido as perdas poderão alterar da humidade do solo, especialmente em argilas, causando retracção. A alteração da temperatura, a ocorrência de geadas fortes poderão promover a movimentação do solo, e abatimento de terras (Farley, 2001).

III.5.3. Estado de Conservação da Tubagem e Idade

A corrosão interna é geralmente mais grave nas águas macias (ácidas) provenientes das nascentes das montanhas. No caso dos tubos de ferro, estes estão associados ao fenómeno de corrosão “pitting” (o tubo perde espessura o que faz com que seja mais difícil resistir à pressão, levando à penetração e eventual fracasso da parede do tubo, originando uma fuga). A corrosão externa pode surgir a partir de várias causas, solos agressivos podem causar danos devido a diferentes níveis de sais dissolvidos, oxigénio, humidade, pH e actividade bacteriana, levando à corrosão do metal. Os efeitos desta corrosão são idênticos aos da corrosão interna. Os tubos de cimento ou de betão podem ser corroídos pela existência de níveis elevados de sulfatos no solo ou na água. A idade das tubagens pode ser responsável pelas perdas de água. No entanto, por si só não pode ser responsabilizado pelas fugas (Farley, 2001).

III.5.4. Má qualidade dos materiais, equipamentos e mão-de-obra

As anilhas das torneiras defeituosas e válvulas de esfera são algumas das principais causas de desperdícios e perdas por parte do consumidor, bem como cisternas com o sistema automático mal ajustado em instalações industriais. Os reparos só são aplicados se o consumidor os efectuar, o que muitas vezes não acontece. A eficácia e adequada qualidade dos acessórios e materiais das tubagens começam a ter agora mais atenção voltada sobre si. Havendo uma particular atenção no que concerne à protecção interna e externa da tubagem (são aplicados revestimentos no interior e no exterior da tubagem de aço) e de investigação sobre a durabilidade do PVC e materiais dos tubos de polietileno. Por vezes, o tipo de serviço prestado não é o mais adequado, bem como o tipo de material escolhido. O chumbo, ferro galvanizado, cobre e polietileno têm sido utilizados ao longo dos anos. Estas condutas podem todas sofrer de insuficiência, fadiga do metal, corrosão, ataque químico e colocação defeituosa, assim como danos causados por outros serviços públicos e seus contratantes. A escolha do material é muitas vezes influenciada pelas condições do local onde vai ser aplicado, pela disponibilidade de materiais no local e de fabrico, e do orçamento da empresa e da obra em questão (Farley, 2001).

III.5.5. Tráfego Pesado

Os efeitos da vibração e o peso elevado causados por veículos pesados é um dos principais factores que afectam condutas enterradas e levam ao colapso da canalização (Farley, 2001).

III.5.6. Métodos de controlo das perdas

O método de controlo de perdas de água escolhido, quer seja passivo ou activo, será determinante na avaliação do nível de infiltração de água no sistema de abastecimento, e desta forma poderá ser possível à empresa concessionária proceder às reparações necessárias, atempadamente (Farley, 2001).

Na figura seguinte apresentam-se os factores que influenciam as perdas de água.

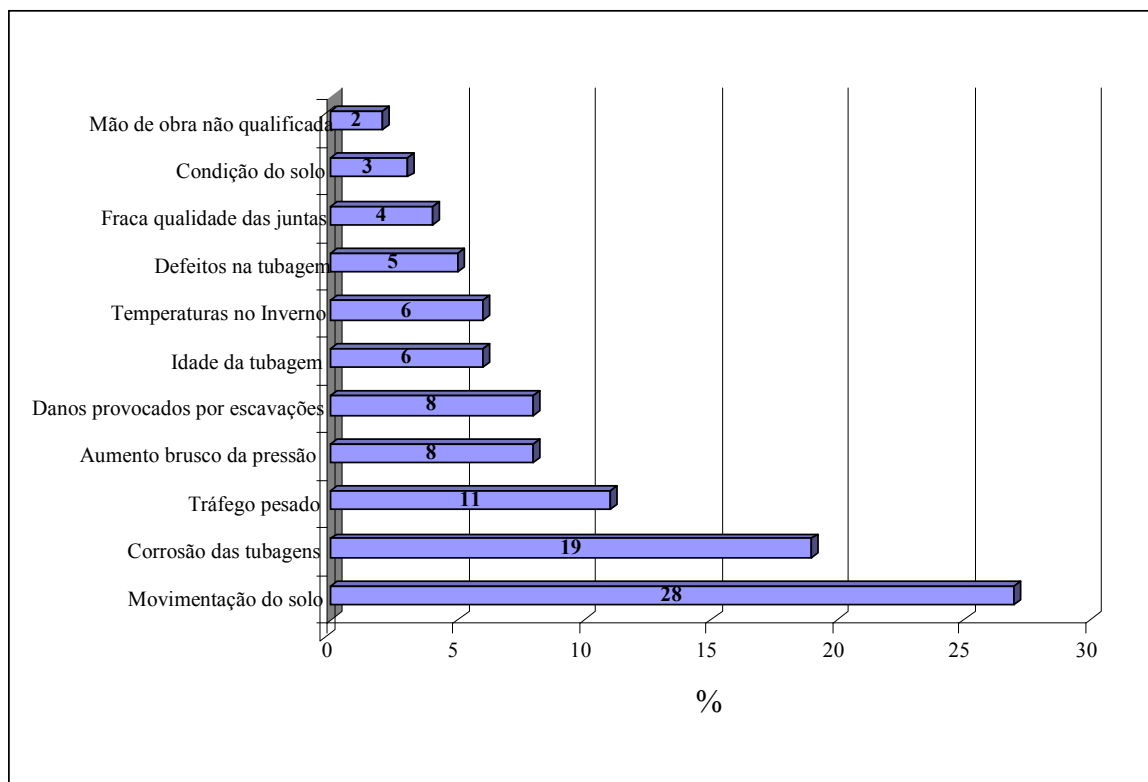


Figura 14 - Factores que influenciam as perdas de água. (Adaptado de Sharma, 2005)

Como se pode observar na figura anterior a movimentação do solo é aquela que promove a maior influência (27%) nas perdas de água. De notar também o facto de a corrosão das tubagens representarem 19% dos factores que influenciam as perdas de água.

III.6. CONTROLO DAS PERDAS DE ÁGUA

Entre 1996 e 1999, Water Loss Task Force (WLTF), enquanto grupo da International Water Association (IWA), desenvolveu, através de uma série de equipas especializadas multinacionais, diversos conceitos e as melhores práticas de gestão, relacionados com o controlo de perdas de água em sistemas de distribuição de água.

Estas equipas permitiram a implementação crescente e bem sucedida, em vários países de uma abordagem coerente e racional da gestão das perdas de água, permitindo que a redução das perdas de água nos sistemas de distribuição é significativa e consegue ser mantida. As entidades da água são cada vez mais influenciadas a realizar uma melhor gestão das perdas, através da publicação de exemplos de iniciativas de implementação da gestão da pressão e das perdas, bem sucedidas.

Segundo Fantozzi *et al* (2006), a implementação de uma estratégia de redução das perdas de água, obedece a vários passos:

- 1º Passo – Avaliar as suas perdas em termos de volume, pondo em prática o balanço hídrico anual padrão das melhores práticas internacionais da IWA;
- 2º Passo – Identificar “como nos estamos a sair?”, utilizando os indicadores de desempenho mais adequados;
- 3º Passo – Analisar os dados de forma a identificar prioridades e estratégias;
- 4º Passo – Começar e aprender à medida que se progride.

O 1º Passo tornou-se mais fácil executar no ano de 2006, em função do aparecimento de vários pacotes de software gratuitos, desenvolvidos ou financiados por membros do grupo WLTF, como se pode verificar no quadro seguinte. Este tipo de software permite ao utilizador efectuar um balanço hídrico básico e avaliar o volume anual do consumo autorizado, facturado e não facturado, de perdas reais e aparentes.

Na tabela seguinte apresenta-se um resumo de alguns dos pacotes de software desenvolvidos para o cálculo do balanço hídrico e Indicadores de desempenho para sistemas de abastecimento de água.

Tabela 8 – Software gratuito para cálculo do balanço hídrico e Indicadores de desempenho para sistemas de abastecimento de água. (Adaptado de Fantozzi *et al*, 2006)

Software	Informação adicional	Disponibilidade	Email ou endereço da página web
AquaLite	Quase completo.	Internacional	ronnieM@wrp.co.za
Benchleak	Disponível	África do Sul	
CheckCalcs	Atribui ILI's ao sistema de banda WBI e identifica prioridades a intervir. Identifica possibilidades e benefícios da gestão da pressão.	Europa	www.studiomarcofantozzi.it
		Médio Oriente	mfarley@alvescot.demon.co.uk
		Austrália e Nova Zelândia	sammiep@widebaywater.com.au
		Canadá e EUA	veritec@sympatico.ca
		Restantes países	www.leakssuite.com
CheckUp	Os cálculos têm que ser realizados na página da TILDE visto que não é possível efectuar o download do software.	Europa	www.waterportal.com
WaterAudit	As versões existem em unidades americanas e métricas, adaptadas à terminologia americana.	Página web da AWWA	www.awwa.org
W-B Easy Calc	Atribui ILIs ao sistema de banda WBI.	Internacional	www.liemberger.cc

O 2º Passo também passou a estar acessível na medida em que estes pacotes gratuitos de software permitiram ao utilizador calcular os melhores indicadores de desempenho para a gestão operacional das perdas reais, que são:

- O PI (indicador de desempenho) simples e tradicional – Perdas por serviço (comprimento total das condutas, incluindo o comprimento do ramal) e por unidade de tempo (litros/serviço/dia), ou perdas por unidade de comprimento da condução e por unidade de tempo ($\text{m}^3/\text{km}/\text{dia}$ de condutas principais, se o sistema tiver menos de 20 ligações do serviço por quilómetro de condutas principais);
- O melhor PI detalhado – Índice infra-estrutural de fugas (ILI) é igual à razão entre CARL (perdas reais anuais actuais) e UARL (perdas reais anuais inevitáveis e específicas do sistema).

As perdas reais anuais inevitáveis, UARL, são calculadas através das equações desenvolvidas por Lambert *et al* (1999), baseadas no comprimento das condutas principais, no número de ligações do serviço, na posição do medidor do cliente e na pressão média.

Relativamente ao 3º Passo, a identificação inicial das prioridades para a gestão das perdas, tornou-se mais simples devido ao sistema de bandas do World Bank Institute (Seago *et al*, 2005). A tabela 9 mostra como, uma vez que o ILI foi calculado para um sistema particular, pode ser colocada dentro das bandas A a D, cada qual ligando a uma descrição geral do desempenho de gestão das perdas reais. Note-se que as larguras das bandas para países em desenvolvimento são duas vezes as dos países desenvolvidos (Fantozzi *et al*, 2006).

Após a identificação da banda apropriada, é necessário estabelecer as prioridades passíveis de atenção, em função da identificação da banda identificada, conforme o exposto na tabela 10. Através do software CheckCalcs, o sistema calculado ILI é comparado também com o ILI para o país ou a região geográfica (Fantozzi *et al*, 2006).

Tabela 9 – Atribuição do índice infra-estrutural ILI ao sistema de bandas do World Bank Institute.
(Adaptado de Fantozzi *et al*, 2006)

Escala de ILI em Países em Desenvolvimento	Escala de ILI em Países desenvolvidos	Banda	Descrição geral de categorias do desempenho de gestão de perdas reais em países em desenvolvimento e desenvolvidos
< 4	< 2	A	Uma redução adicional de perdas pode ser economicamente inviável a menos que haja escassez, uma análise cuidadosa é necessária para identificar a melhoria do custo efectivo.
$\geq 4 \text{ a } < 8$	$\geq 2 \text{ a } < 4$	B	Potencial para uma notável melhoria, considera a gestão da pressão, melhores práticas de controlo activo de perdas, e melhor manutenção da rede.
$\geq 8 \text{ a } < 16$	$\geq 4 \text{ a } < 8$	C	Registo pobre de perdas, apenas tolerável se a água é abundante e barata, mesmo assim, a sua analisar ao nível e natureza das perdas é necessária e intensificar esforços para reduzir as perdas.
≥ 16	≥ 8	D	Utilização muito insuficiente de recursos, os programas de redução de perdas são indispensáveis e de alta prioridade.

Tabela 10 – Actividades prioritárias recomendadas para as bandas do World Bank Institute. (Adaptado de Fantozzi *et al*, 2006)

Recomendações do World Bank Institute	A	B	C	D
Investigação das opções de gestão da pressão.	Sim	Sim	Sim	
Investigação da qualidade e rapidez das reparações.	Sim	Sim	Sim	
Verificação da frequência das intervenções económicas.	Sim	Sim		
Introdução/aperfeiçoamento do controlo activo das perdas.		Sim	Sim	
Identificação das opções para o melhoramento da manutenção.		Sim	Sim	
Avaliação do nível económico das perdas.	Sim	Sim		
Revisão da frequência das roturas.		Sim	Sim	
Revisão da política de gestão.		Sim	Sim	Sim
Lidar com as deficiências existentes nos recursos humanos, na sua formação e comunicações			Sim	Sim
Criação de um plano de 5 anos para atingir a próxima banda mais baixa.			Sim	Sim
Revisão fundamental de todas as actividades.	.			Sim

Utilizando os métodos de prognóstico de gestão da pressão pelas equipas da Water Loss Task Force (Thornton & Lambert 2005), tornou-se mais fácil a tarefa de efectuar prognósticos gerais em relação às oportunidades de gestão da pressão e o efeito que esta terá nas taxas de perdas de fluxo, no consumo residencial e em ocorrências de novas roturas.

As tabelas 9 e 10 permitem constatar que a utilização do software gratuito por parte dos serviços públicos oferece apresenta diversos benefícios, tais como:

- O cálculo do balanço hídrico padrão, e avaliação do volume anual das perdas reais;
- A avaliação dos indicadores de desempenho simples (litros/km/dia) e detalhados (ILI) para a gestão das perdas nos sistemas;
- A categorização do ILI calculado dentro do sistema de bandas do World Bank Institute torna possível obter uma visão geral do desempenho actual e por conseguinte identificar as prioridades susceptíveis de acção;
- A categorização provisória das possibilidades de gestão da pressão, e a previsão de possíveis mudanças nas taxas de perdas, ocorrência de novas roturas e no consumo residencial.

Este tipo de análise de baixo custo (ou não-custo), aumenta a esperança de que os serviços públicos se motivem e desta forma procedam à gestão das perdas reais de forma mais consciente e eficaz.

A figura seguinte representa o método dos quatro componentes que tem sido usado da Water Loss Task Force para gerir as perdas reais. Com a combinação dos quatro componentes representados nas setas da figura torna-se mais fácil controlar as perdas de água.

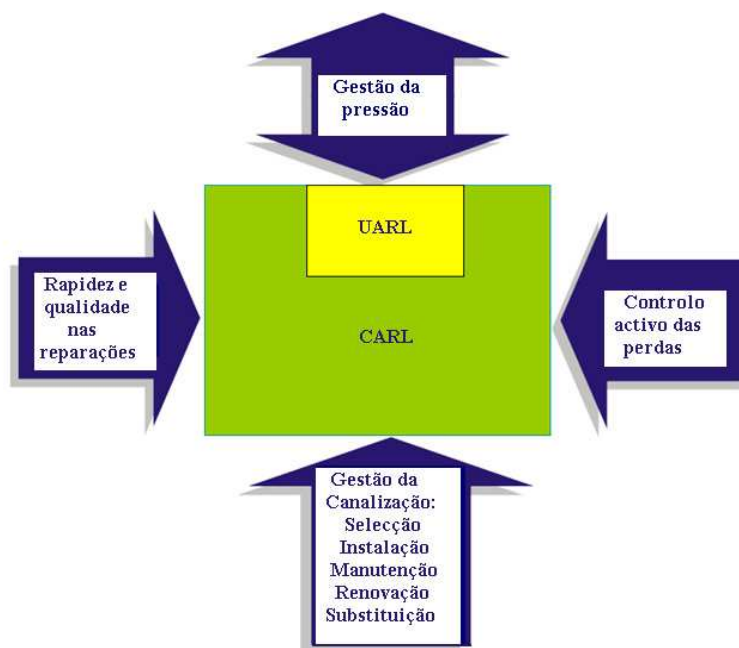


Figura 15 – Gestão das perdas de água através do método dos quatro componentes.

(Adaptado de Fantozzi et al, 2006)

As actividades descritas anteriormente têm demonstrado grande eficácia na Austrália, na América do Norte e na Europa, traduzindo-se essa eficácia nos seguintes aspectos:

- i. As melhores práticas de balanço hídrico e indicadores de desempenho da IWA para perdas reais

Na Austrália os benefícios do balanço hídrico padrão e dos indicadores de desempenho da IWA foram rapidamente reconhecidos pela Water Services Association of Australia (WSAA). O software Benchloss foi encomendado em 2000 para que estes cálculos fossem adequadamente efectuados e o índice infra-estrutural de fugas (ILI) foi

considerado o melhor indicador de desempenho para a gestão de perdas reais, tendo sido estes publicados desde 2003 em “WSAA Facts” para a maioria dos seus membros. A formação e a distribuição de mais de 100 exemplares personalizados do programa informático “PIFastCalcs” de indicadores de desempenho e balanço hídrico, por parte da WBWC, são peças fundamentais na promoção dos mesmos. A WSAA é tida como um ponto de referência pela Wide Bay Water Corporation (WBWC) no que diz respeito às suas directrizes, o que forneceu a possibilidade de proceder à avaliação das imensas componentes do balanço hídrico até então e a criação de uma base de dados nacional de valores ILI (Costa, 2007).

No Canadá, o guia “Water Use and Loss in Water Distribution Systems” - Uso e Perda de Água nos Sistemas de Distribuição (NRC-CNRC, Março de 2003) fez referência à metodologia do balanço hídrico da IWA, no entanto os indicadores de desempenho não foram referenciados neste ou noutros guias por enquanto. Desde Dezembro de 2005, mais de 100 cópias gratuitas do software “CheckCalcs” foram distribuídas, visto que a falta de software facilmente disponível prejudicou a aceitação do método do balanço hídrico da IWA. Nos EUA, o relatório elaborado pela comissão de controlo das perdas de água, da American Water Works Association (AWWA), recomenda tanto o balanço hídrico como os indicadores de desempenho da IWA (incluindo o índice infra-estrutural de fugas). A falta de software disponível, para realizar o balanço hídrico e o cálculo dos PI, tal como no Canadá limitou a adesão de diversas entidades, de tal forma que o software que utilizavam era uma versão precoce do software PIFastCalcs. Para fazer face a este problema, no início de 2006 foram introduzidos dois softwares gratuitos, um software de balanço hídrico e indicadores de desempenho desenvolvido pelos membros da AWWA em unidades canadenses e dos EUA e uma versão americana do CheckCalcs (Fantozzi *et al*, 2006).

ii. Gestão activa da pressão

Na Austrália a gestão activa da pressão foi promovida durante muitos anos pela WBWC, como sendo um factor muito importante na redução das taxas de roturas e da frequência de ocorrência de novas roturas, o que influencia o tempo de vida das infra-estruturas. Pese embora a existência de dois projectos-piloto bem sucedidos na Hunter Valley na década de 1980 e em Brisbane, em 1994, a relutância em usar a gestão da

pressão era evidente e a indústria Australiana da água só a punha em prática como último recurso em caso de secas. No entanto, essa mentalidade foi posta de lado quando se verificaram resultados excelentes derivados à gestão da pressão, estes resultados traduziam-se pela redução expressiva dos caudais nocturnos e pela diminuição do número de novas roturas. Dois exemplos da mudança de mentalidade são a Yarra Valley Water (Melbourne) e a Gold Coast que instalaram sistemas de gestão da pressão. A WBWC apresentou nos seus workshops diversos parâmetros e conceitos característicos das melhores práticas de gestão da pressão, entre os quais se destacam o Average Zone Point (AZP) – Valor Médio da Zona e os Night Day Factors (NDFs) – Factores Noite-Dia (Fantozzi *et al*, 2006).

Na América do Norte, embora a importância da gestão da pressão se reflecta em termos de redução da frequência de novas roturas e redução das perdas reais, tal não é reconhecido pela América do Norte que ainda não desempenha um papel considerável nesta área. Este papel tem-se baseado na implementação do controlo da pressão por parte das entidades gestoras, mas de uma forma pouco eficaz no que respeita à diminuição das perdas de água. Apesar da regulamentação relativa a incêndios, a segurança do abastecimento e da qualidade da água se tornarem por vezes empecilhos para os requisitos do projecto, a implementação, por parte de várias entidades canadianas, de válvulas de libertação de pressão (PRVs), tem feito parte da investigação da fundação da AWWA para alcançar os requisitos adequados do projecto para sistemas norte-americanos. O efeito da gestão da pressão exercido sobre a frequência de novas roturas está a ser alvo de estudo por parte dos membros da WLTF do Canadá e dos EUA, que pretendem desta forma aperfeiçoar os cálculos preditivos (Fantozzi *et al*, 2006).

Devido a um projecto-piloto bem sucedido em Turim (Itália), em 1998, a redução das pressões nocturnas traduziu-se em 10%, assistiu-se a uma redução sustentada de cerca de 50% dos custos anuais de reparação e uma redução nas perdas reais. A divulgação deste e de outros projectos bem sucedidos (incluindo um em Salerno) foi feita através do Workshop de Outubro de 2004, onde se debateram assuntos relacionados com as teorias da pressão, que suscitou o interesse de três entidades sobre a prática da gestão da pressão, com resultados divulgados em Abril de 2005 em Génova. Pode se concluir portanto, que a acção de formação da Fundação AMGA foi determinante quanto à

mudança de mentalidade das entidades gestoras e aos excelentes resultados obtidos a partir da gestão da pressão dos sistemas de abastecimento, sendo os anos de 2004/5 que mais evidenciaram as reduções nos caudais nocturnos e na frequência de roturas (Fantozzi *et al*, 2006).

iii. Controlo activo das perdas, sectorização e intervenção económica

Embora o controlo activo de perdas na Austrália não fosse uma matéria valorizada, a Bay Water Corporation tem obtido resultados significativos devido à promoção do controlo activo de perdas e à sectorização de sistemas. A questão problemática que se colocava era como calcular a frequência de intervenção económica para o controlo activo de perdas, e como calcular racionalmente um orçamento anual adequado para tais actividades. Foi publicado uma base simples mas eficaz para calcular o valor de uma intervenção económica (Lambert e Lalonde 2005), baseada em três parâmetros: custo variável de água, custo de intervenção, e taxa de crescimento das perdas não participadas.

O número limitado de entidades norte-americanas que se comprometeram a empreender o controlo activo de perdas normalmente fazem-no por vistoria periódica, em intervalos frequentes (normalmente uma vez a cada 4 anos, ou 25% de grandes sistemas de cada ano) e sem qualquer fundamentação económica definida. Para que a América do Norte implemente da melhor forma a gestão da pressão foi elaborado um contrato de investigação, que se encontra quase concluído, para a fundação de investigação da AWWA (Lambert e Lalonde, 2005).

O uso da sectorização e zonas de medição e controlo está a aumentar, com a maioria das entidades do Canadá a adoptá-las quer por um sistema piloto ou num sistema base. As zonas de medição e controlo fornecem às entidades as informações necessárias para a prioridade e justificação do controlo activo de perdas como uma iniciativa rentável base. Nos EUA as zonas de medição e controlo foram amplamente utilizadas entre o final dos anos 1950 e início dos anos 1960, mas desapareceram na década de 70 até as mais recentes actividades de educação, pela WLTF da IWA e pela comissão de controlo de perdas de água da AWWA surgirem (Lambert e Lalonde, 2005).

Em Itália em 2005, foi posto em prática o método simplificado (baseado na “Rate of Rise”) que permite às entidades gestoras que não aceitaram o controlo activo de perdas, calcular de forma eficaz e rápida a frequência da intervenção económica e os requisitos do orçamento anual (Lambert e Lalonde, 2005). O controlo activo das perdas é efectuado normalmente através de inspecções regulares, em intervalos pouco frequentes.

III.6.1. Implementação de um Plano de Controlo das Perdas de Água

A implementação de um plano de controlo de perdas é uma medida com interesse para o desenvolvimento económico e para o uso eficiente da água por parte das entidades gestoras, melhorando de forma significativa o seu desempenho. Os benefícios do controlo de perdas vão além do benefício económico, realçando o impacto positivo a nível ambiental assim como a oportunidade de organização interna da entidade gestora, factores que permitem visíveis melhorias dos serviços prestados aos utilizadores. Contudo, trata-se de uma tarefa complexa mas necessária para garantir a distribuição de água de forma mais eficaz (Alegre *et al*, 2005).

O controlo de perdas requer duas abordagens independentes em função do tipo de perdas, reais ou aparentes, sendo que a abordagem para estas últimas irá centrar-se na minimização de erros de medição e de consumos não contabilizados e/ou indevidos, incidindo esta estratégia essencialmente na análise do balanço custo-benefício entre o investimento necessário para as reduzir e os benefícios financeiros daí decorrentes. Alegre *et al* (2005), no guia técnico “Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição”, considera que a redução significativa das perdas de água numa entidade gestora requer um forte empenhamento da administração e da generalidade dos sectores operativos. Iniciativas desenquadradas, de um indivíduo ou de um sector isolado da organização, estão condenadas ao insucesso. Considera também que é fundamental agir de forma concertada, estabelecendo um ciclo periódico de actuação que passe pela correcta avaliação do problema, pela clara definição de objectivos, pelo estabelecimento e implementação de uma estratégia global de actuação e pela avaliação dos resultados obtidos.

Esta via de abordagem do problema consiste num conjunto de etapas que passam pela avaliação do problema, pela definição de objectivos, estabelecimento e implementação

de uma estratégia de actuação e pela avaliação dos resultados. Na figura seguinte é apresentado um diagrama das intervenções do problema.

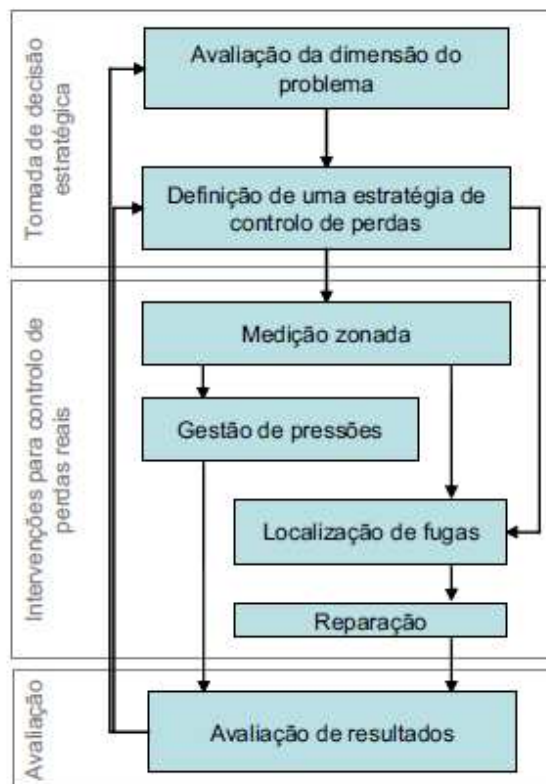


Figura 16 – Fases de abordagem do problema das de perdas de água.

(Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

A primeira e a última fase têm um carácter pontual no tempo, devendo ser realizadas periodicamente, sendo 1 ano o período típico. A fase intermédia tem um carácter mais prolongado no tempo, em geral com actividades programadas ao longo de todo o ano.

III.6.1.1. Avaliação da Dimensão do Problema

A avaliação do problema consiste em avaliar o nível de perdas de água existente na rede de abastecimento. Esta análise deve ser efectuada através de balanços hídricos e auditorias de perdas. Na figura seguinte apresentam-se as principais etapas desta fase.

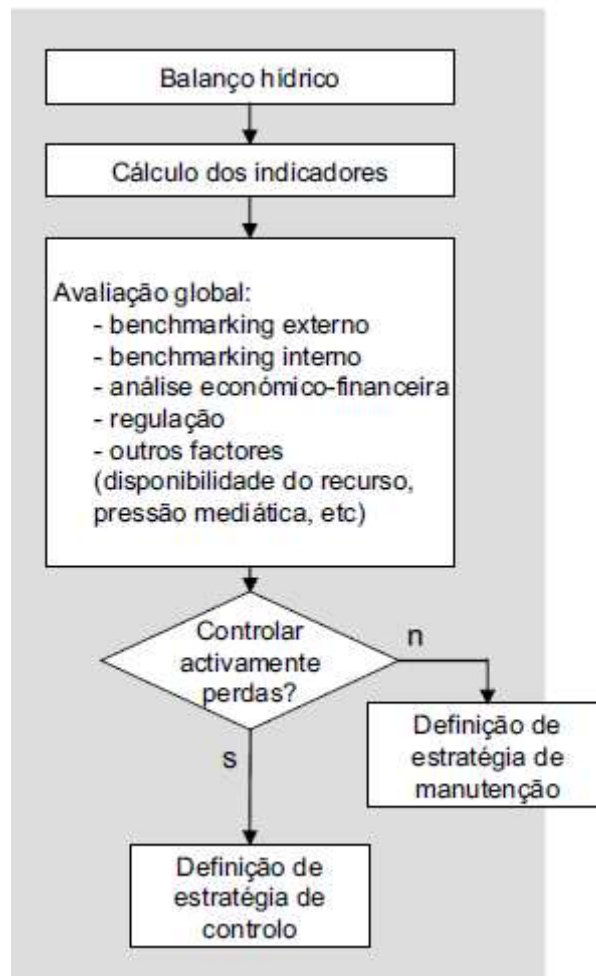


Figura 17 – Avaliação da dimensão do problema das perdas de água.

(Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

III.6.1.1.1. Balanço Hídrico

Para que a avaliação de perdas de água seja bem sucedida é indispensável a aplicação de um balanço hídrico. Por norma para que o balanço hídrico seja bem efectuado o período de cálculo deve corresponder a 12 meses, representando a média anual de todos os componentes. Na figura seguinte são apresentados os componentes do balanço hídrico de um sistema de abastecimento de água.

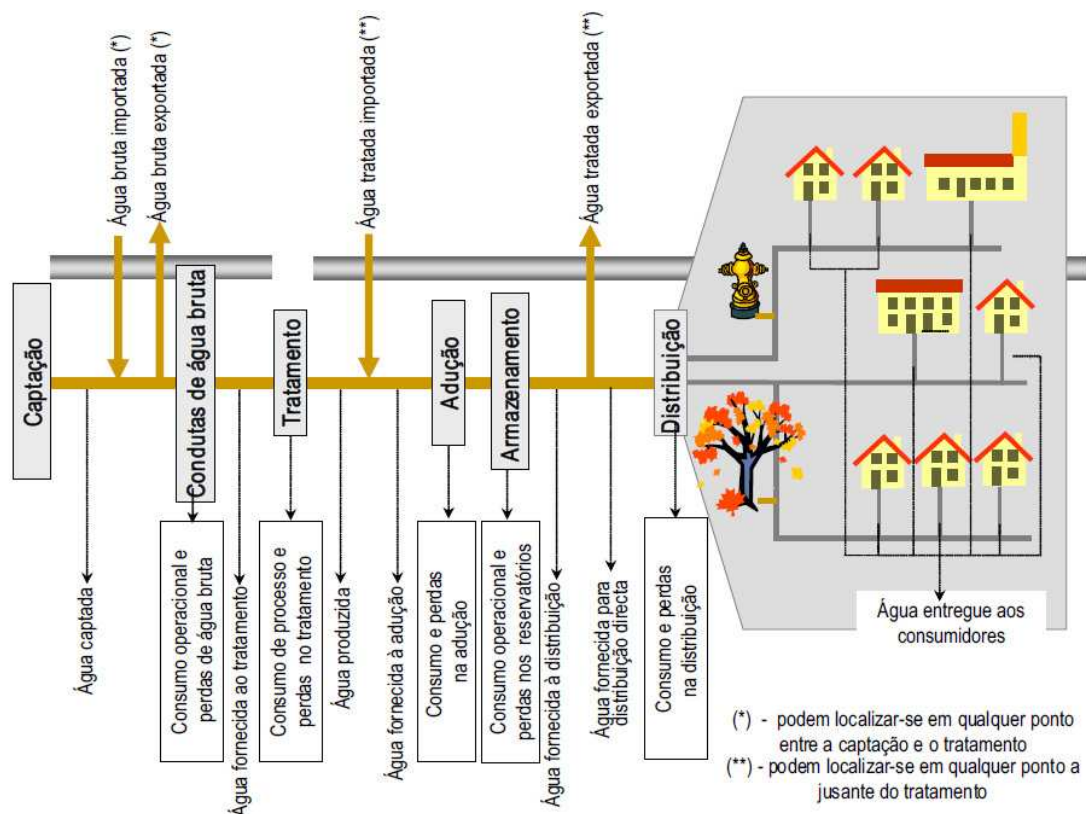


Figura 18 – Componentes do balanço hídrico. (Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

Segundo Alegre *et al* (2005), o cálculo do balanço hídrico (ver tabela 7) obedece a um conjunto de passos para calcular a água não facturada e as perdas de água.

O primeiro aspecto a definir os limites exactos do sistema (ou sector de rede) a auditar, bem como definir as datas de referência (definindo um período de um ano).

Tabela 11 – Componentes do balanço hídrico. (Adaptado Alegre et al, 2005)

(A)	(B)	(C)	(D)	(E)
Água entrada no sistema [m ³ /ano]	1. Consumo autorizado [m ³ /ano]	1. Consumo autorizado facturado [m ³ /ano]	1. Consumo facturado medido (incluindo água exportada) [m ³ /ano]	1. Água facturada [m ³ /ano]
			2. Consumo facturado não medido [m ³ /ano]	
		2. Consumo autorizado não facturado [m ³ /ano]	3. Consumo não facturado medido [m ³ /ano]	2. Água não facturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
			4. Consumo não facturado não medido [m ³ /ano]	
	2. Perdas de água [m ³ /ano]	3. Perdas aparentes [m ³ /ano]	5. Consumo não autorizado [m ³ /ano]	
			6. Perdas de água por erros de medição [m ³ /ano]	
		4. Perdas reais [m ³ /ano]	7. Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			8. Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição [m ³ /ano]	
			9. Fugas nos ramais (a montante do contador) [m ³ /ano]	

Assim, e com base na tabela anterior, a avaliação das componentes do balanço hídrico deve seguir a seguinte ordem:

1. Determinar o volume de água entrada no sistema e introduzi-lo na Coluna A;
2. Determinar o consumo facturado medido (Coluna D₁) e o consumo facturado não medido (Coluna D₂); introduzir o total destes como consumo autorizado facturado (Coluna C₁) e como água facturada (Coluna E₁);
3. Calcular o volume de água não facturada (Coluna E₂) subtraindo a água facturada (Coluna E₁) à água entrada no sistema (Coluna A);
4. Definir o consumo não facturado medido (Coluna D₃) e o consumo não facturado não medido (Coluna D₂); registar o total em consumo autorizado não facturado (Coluna C₂);
5. Somar os volumes correspondentes ao consumo autorizado facturado (Coluna C₁) e ao consumo autorizado não facturado (Coluna C₂); introduzir o resultado como consumo autorizado (Coluna B₁);

6. Calcular as perdas de água (Coluna B₂) como a diferença entre a água entrada no sistema (Coluna A) e o consumo autorizado (Coluna B₁);
7. Avaliar, usando os melhores métodos disponíveis, as parcelas do uso não autorizado (Coluna D₅) e dos erros de medição (Coluna D₆), somá-las e registrar o resultado em perdas aparentes (Coluna C₃);
8. Calcular as perdas reais (Coluna C₄) subtraindo as perdas aparentes (Coluna C₃) às perdas de água (Coluna B₂);
9. Avaliar as parcelas das perdas reais (Coluna D₇, D₈ e D₉) usando os melhores métodos disponíveis (análise de caudais nocturnos, dados de medição zonada, cálculos de frequência/caudal/duração das roturas, modelação de perdas baseada em dados locais sobre o nível base de perdas, etc.), somá-las e comparar com o resultado das perdas reais (Coluna C₄).

III.6.1.1.2. Auditorias Anuais de Perdas

Segundo Alegre *et al* (2005), num processo de auditoria de perdas quantificam-se os volumes de água entrada no sistema, de consumo autorizado (facturado e não facturado, medido e não medido) e de perdas (aparentes e reais). Deve ser realizado de modo sistemático com uma frequência mínima anual e incluir:

- Uma contabilização rigorosa de todos os volumes de água entrados e saídos no(s) sistema(s) em causa;
- O cálculo do balanço hídrico, com base nos registos de consumos existentes no sistema;
- E a verificação do programa de teste e calibração dos medidores de caudal.

Os cálculos do de balanço hídrico são aproximados devido à dificuldade de avaliação de todos os seus componentes com a exactidão requerida e tendo a mesma base temporal, a fiabilidade do cálculo é maior quando os volumes de entrada são adquiridos a outras entidades e quando a medição de toda a água distribuída é executada por medidores de clientes bem dimensionados e adequadamente mantidos e calibrados. Segundo Alegre *et al* (2005) “(...) a exactidão contabiliza o erro relativo ao conjunto de processos de aquisição e processamento do dado, incluindo o erro decorrente de eventual extrapolação entre medidas pontuais e o valor global fornecido.” Como tal, a IWA

recomenda que a classificação de bandas para a avaliação da exactidão dos dados seja a que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 12 – Banda de exactidão de dados recomendada pela IWA. (Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

Banda de exactidão de dados	Erros associado ao dado fornecido
0-5%	Melhor ou igual a $\pm 5\%$
5-20%	Pior do que $\pm 5\%$, mas melhor que ou igual a $\pm 20\%$
20-50%	Pior do que $\pm 20\%$, mas melhor que ou igual a $\pm 50\%$
50-100%	Pior do que $\pm 50\%$, mas melhor que ou igual a $\pm 100\%$
100-300%	Pior do que $\pm 100\%$, mas melhor que ou igual a $\pm 300\%$
>300%	Pior do que $\pm 300\%$

De modo a tornar o processo mais viável deve-se proceder à avaliação da fiabilidade da fonte de informação, que tem como base a incidência sobre a confiança na fonte dos dados, cuja classificação é a que se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 13 – Banda de fiabilidade da fonte de informação. (Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

Banda de fiabilidade da fonte de informação	Conceito associado
***	Dados baseados em medições exaustivas, registos fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.
**	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registos não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.
*	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada

Após a conclusão da auditoria das perdas, a dimensão do problema deverá ser avaliada através do cálculo dos indicadores de desempenho deverá ser avaliada através do cálculo de indicadores de desempenho sob as vertentes económico-financeira, técnica e ambiental, seguindo as orientações da ERSAR.

III.6.1.1.3. Indicadores de Desempenho

Após a auditoria anual de perdas, Alegre *et al* (2005) considera que a avaliação da dimensão do problema deverá ser efectuada através do cálculo de indicadores de desempenho sob as vertentes económico-financeira, técnica e ambiental, seguindo as orientações da IWA.

III.6.1.1.3.1. Indicadores do Desempenho Económico-Financeiro

Do ponto de vista económico-financeiro, Alegre *et al* (2005) sugere que se utilize um indicador de água não facturada, que poderá ser expresso em termos de volume ou em termos de custo:

- Indicador de água não facturada em termos de volume – consiste na discriminação do volume entrado no sistema nas componentes facturado e não facturado. A componente não facturada, que inclui o consumo autorizado mas não facturado, é frequentemente expresso em termos de percentagem do total.
- Indicador de água não facturada em termos de custo – um verdadeiro indicador de desempenho financeiro necessita de reflectir não só as quantidades mas também os custos. Assim, um indicador mais apropriado (expresso em percentagem) pode ser calculado aplicando valores monetários aos volumes anuais de consumo autorizado não facturado, perdas aparentes e perdas reais. Um valor monetário adequado para as perdas aparentes e o consumo autorizado não facturado poderá ser o preço médio de venda de água ao consumidor. Para as perdas reais, deverá utilizar-se o maior dos seguintes custos:
 - Componente variável do custo da água importada;
 - Custo marginal de longo prazo relativo às origens próprias de água.

Cada uma destas estimativas, e o seu total, deverão ser expressos como percentagem dos custos correntes anuais. A síntese permite a uma entidade gestora estimar qual o montante correcto a investir para:

- Reduzir o consumo autorizado não facturado;
- Reduzir as perdas aparentes – através de melhoramentos na medição e a redução do consumo não autorizado;
- Ou reduzir as perdas reais, através da gestão das fugas.

Para efeitos de cálculo deverão ser utilizados os seguintes indicadores financeiros:

- Indicador Fi46 – Água não facturada em termos de volume (%), IWA;
- Indicador Fi47 – Água não facturada em termos de custo (%), IWA.

Estes indicadores avaliam o nível de sustentabilidade da gestão do serviço em termos económico-financeiros, no que respeita às perdas económicas correspondentes à água

que, apesar de ser captada, tratada, transportada, armazenada e distribuída, não chega a ser facturada aos utilizadores. Nas equações (1) e (2) apresenta-se a fórmula de cálculo de cada um dos indicadores financeiros.

Indicador Fi46 – água facturada em termos de volume (%):

$$(1) \quad Fi46 = \frac{A21}{A3} \times 100$$

Onde:

A3 – Água entrada no sistema (m³);

A21 – Água não facturada (m³).

Alegre *et al* (2004), recomenda que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas.

Indicador Fi47 – água não facturada em termos de custo (%):

$$(2) \quad Fi47 = \frac{(A13+A18) \times G57 + A19 \times G58}{G5} \times 100$$

Onde:

A13 – Consumo autorizado não facturado (m³);

A18 – Perdas aparentes (m³);

A19 – Perdas reais (m³);

G5 – Custos correntes (€);

G57 – Tarifa média para consumidores directos (€/m³);

G58 – Custo médio unitário assumido das perdas reais (€/m³)

Segundo Alegre *et al* (2004), este indicador não deverá ser calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as

comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas.

III.6.1.1.3.2. Indicadores de Desempenho Técnico

A percentagem do volume entrado no sistema é o indicador de desempenho técnico relativo a perdas mais utilizado em todo o mundo, por ser aparentemente o de cálculo e interpretação mais simples. Contudo, este indicador tem o grande inconveniente de não ter em consideração nenhum dos factores que afectam as perdas reais (ver III.1.1.). Esta situação faz com que este indicador de desempenho técnico não seja considerado apropriado por diversas entidades, das quais se destacam a IWA e a ERSAR.

Assim, e devido ao facto de a maior proporção de perdas ocorrer em ramais, e não nas condutas principais, o cálculo do indicador de desempenho técnico deverá ser efectuado em termos de ramais, e de acordo com a expressão que se apresenta na equação seguinte. (Alegre *et al*, 2005)

$$(3) \text{ Perdas reais (L/ramal/dia)} = \frac{\text{Volume anual de perdas reais (m}^3\text{/ano)} \times 1000}{\% \text{ ano sistema pressurizado} \times \text{n.}^\circ \text{ de ramais} \times 365}$$

Para Alegre *et al* (2005), a utilização de um indicador expresso por ramal, só é recomendado para redes que tenham um mínimo de 20 ramais por km de rede. Nos sistemas onde esta condição não se verifica, tais como sejam os sistemas exclusivamente de adução e armazenamento, ou a generalidade dos sistemas rurais, é mais adequado utilizar o indicador de perdas reais expresso em termos de comprimento de conduta, e é dado pela expressão seguinte:

$$(4) \text{ Perdas reais (L/km conduta/dia)} = \frac{\text{Volume anual de perdas reais (m}^3\text{/ano)} \times 1000}{\% \text{ ano sistema pressurizado} \times \text{comp. de condutas} \times 365}$$

Assim, para efeitos de cálculo, e de acordo com Alegre *et al* (2005), deverão ser utilizados os indicadores operacionais indicados no “Guia de Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água” publicado pela ERSAR em 2004:

- Indicador Op23 – Perdas de água por ramal (m³/ramal/ano);
- Indicador Op24 – Perdas de água por comprimento de conduta (m³/km/dia);

- Indicador Op25 – Perdas aparentes por ramal (%);
- Indicador Op26 – Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema (%);
- Indicador Op27 – Perdas reais por ramal (L/ramal/dia com sistema em pressão);
- Indicador Op28 – Perdas reais por comprimento de conduta (L/km/dia com sistema em pressão);
- Indicador Op29 – Índice infra-estrutural de fugas (-);
- Indicador Op39 – Água não medida (%).

Nas equações seguintes apresentam-se as fórmulas de cálculo de cada um dos indicadores operacionais.

Indicador Op23 – Perdas de água por ramal (m³/ramal/ano):

$$(5) \quad \text{Op23} = \frac{A15 \times \left(\frac{365}{H1} \right)}{C24}$$

Onde:

A15 – Perdas de água (m³);

C24 – Número de ramais (n.º);

H1 – Duração do período de referência (dia).

Este indicador operacional é utilizado para determinar as perdas de água em redes de abastecimento de água cuja densidade de ramais seja superior a 20 ramais/km de rede, nas outras situações dever-se-á utilizar o indicador Op24 (ver Equação 6).

Recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op24 – Perdas de água por comprimento de conduta (m³/km/dia):

$$(6) \quad \text{Op24} = \frac{\left(\frac{A15}{H1} \right)}{C8}$$

Onde:

Op24 – Perdas de água por comprimento de conduta (m³/km/ano);

A15 – Perdas de água (m³);

C8 – Comprimento das condutas (km);

H1 – Duração do período de referência (dia).

Este indicador aplica-se a redes de abastecimento onde a densidade de ramais seja inferior a 20 ramais/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução).

À semelhança do indicador Op23, recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op25 – Perdas aparentes por ramal (%):

$$(7) \quad \text{Op25} = \frac{A18}{(A3 - A5 - A7)} \times 100$$

Onde:

A3 – Água entrada no sistema (m³);

A5 – Água bruta exportada (m³);

A7 – Água tratada exportada (m³);

A18 – Perdas aparentes (m³).

Em redes de distribuição de água deverá ser utilizado este indicador ou em alternativa o indicador Op26. À semelhança do indicador Op23, recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op26 – Perdas aparentes por volume de água entrada no sistema (%):

$$(8) \quad \text{Op26} = \frac{A18}{A3} \times 100$$

Onde:

A3 – Água entrada no sistema (m³);

A18 – Perdas aparentes (m³).

Este indicador deverá ser utilizado em sistemas de adução e produção em detrimento do indicador Op25. À semelhança do indicador Op23, recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op27 – Perdas reais por ramal (L/ramal/dia com o sistema em pressão):

$$(9) \quad \text{Op27} = \frac{A19 \times 1000}{C24 \times \frac{H2}{24}}$$

Onde:

A19 – Perdas reais (m³);

C24 – Número de ramais (n.º);

H2 – Tempo de pressurização do sistema (horas).

Este indicador operacional, à semelhança do indicador Op23, é utilizado para determinar as perdas de água em redes de abastecimento de água cuja densidade de ramais seja superior a 20 ramais/km de rede, nas outras situações dever-se-á utilizar o indicador Op28 (ver Equação 6).

Este indicador não deverá ser calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Se por algum motivo o período de referência utilizado for inferior ao ano, as comparações internas devem ser feitas com prudência e devem ser evitadas comparações externas (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op28 – Perdas reais por comprimento de conduta (L/km/dia com sistema em pressão):

$$(10) \quad \text{Op28} = \frac{A19 \times 1000}{C8 \times \frac{H2}{24}}$$

Onde:

A19 – Perdas reais (m³);

C8 – Comprimento das condutas (km);

H2 – Tempo de pressurização do sistema (horas).

À semelhança do indicador Op24, este indicador aplica-se a redes de abastecimento onde a densidade de ramais seja inferior a 20 ramais/km de rede (por exemplo, no caso de sistemas de produção e adução). À semelhança do indicador Op27, recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op29 – Índice infra-estrutural de fugas (-):

$$(11) \quad \text{Op29} = \frac{\text{Op27}}{\left(18 \times \frac{C8}{C24} + 0,7 + 0,025 \times C25 \right) \left(\frac{D34}{10} \right)}$$

Onde:

C8 – Comprimento de condutas (km);

C24 – Número de ramais (n.º);

C25 – Comprimento médio dos ramais (m);

D34 – Pressão média de operação (kPa).

Recomenda-se que este indicador não seja calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. Em geral, sistemas com boa manutenção tendem a apresentar valores deste índice próximos de 1,0, enquanto sistemas com deficiente manutenção apresentarão valores mais elevados (Alegre *et al*, 2004).

Indicador Op39 – Água não medida (%)

$$(12) \quad \text{Op39} = \frac{(A3 - A8 - A11)}{A3} \times 100$$

Onde:

A3 – Água entrada no sistema (m³);

A8 – Consumo facturado medido (m³);

A11 – Consumo não facturado medido (m³).

À semelhança dos indicadores anteriores este indicador só deverá ser calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação. O consumo medido inclui o consumo medido facturado e o consumo medido não facturado. Os consumos estimados não devem ser incluídos. É recomendável que o cálculo deste indicador seja feito apenas com uma base anual (Alegre *et al*, 2004).

III.6.1.1.3.3. Indicadores de Desempenho Ambiental

Do ponto de vista ambiental é importante avaliar a pressão que as perdas de água reais exercem sobre os recursos hídricos, ou seja, a utilização que se evitaria se não existissem fugas nem extravasamentos. De um ponto de vista ambiental, as perdas aparentes são pouco relevantes, já que na sua maior parte não correspondem a volumes de água efectivamente captados desnecessariamente (Alegre *et al*, 2005).

Desta forma os indicadores de desempenho ambiental avaliam “o nível de sustentabilidade ambiental do serviço em termos da eficiência na utilização de recursos ambientais no que respeita às perdas reais de água (fugas e extravasamentos), enquanto bem escasso que exige uma gestão racional” (Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos prestados aos Utilizadores”, 2010). Assim, e para efeitos de cálculo deverá ser utilizado o seguinte indicador:

- Indicador WR1 – Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%),

Este indicador é calculado de acordo com a equação seguinte:

$$(14) \quad WR1 = \frac{A19}{A3} \times 100$$

Onde:

A3 – Água entrada no sistema (m³);

A19 – Perdas reais (m³).

Este indicador não deverá ser calculado para períodos inferiores a um ano porque os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação.

III.6.1.1.4. Avaliação Global e Tomada de Decisão

A avaliação global deve contemplar uma análise conjunta dos resultados face a todas as dimensões do problema antes referidas. Alegre *et al* (2005), considera que uma forma recomendável de avaliar os resultados é compará-los com:

- Valores anteriores obtidos para o mesmo sistema, analisando a tendência de evolução (só possível a partir do segundo ciclo de cálculo do balanço hídrico);
- Valores obtidos para outros sistemas sob a responsabilidade da entidade gestora;
- Valores obtidos para outras entidades gestoras;
- Valores extraídos da bibliografia;
- Utilização dos indicadores de desempenho indicados, bem como os outros indicados no Guia de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Água e Resíduos prestados aos Utilizadores.

III.6.1.2. Definição de uma Estratégia de Controlo de Perdas

Após a avaliação da dimensão do problema é necessário abordar uma estratégia para a definição e implementação de uma estratégia de controlo de perdas.

Na definição de uma estratégia de controlo de perdas é importante avaliar a partir de que nível de perdas é economicamente rentável proceder a uma intensificação de meios para redução de perdas aparentes, para melhorar a gestão de pressões ou para a localização e reparação de fugas não visíveis.

Na figura seguinte é possível constatar que a definição de uma estratégia de redução de perdas consiste num conjunto de passos sequenciais.

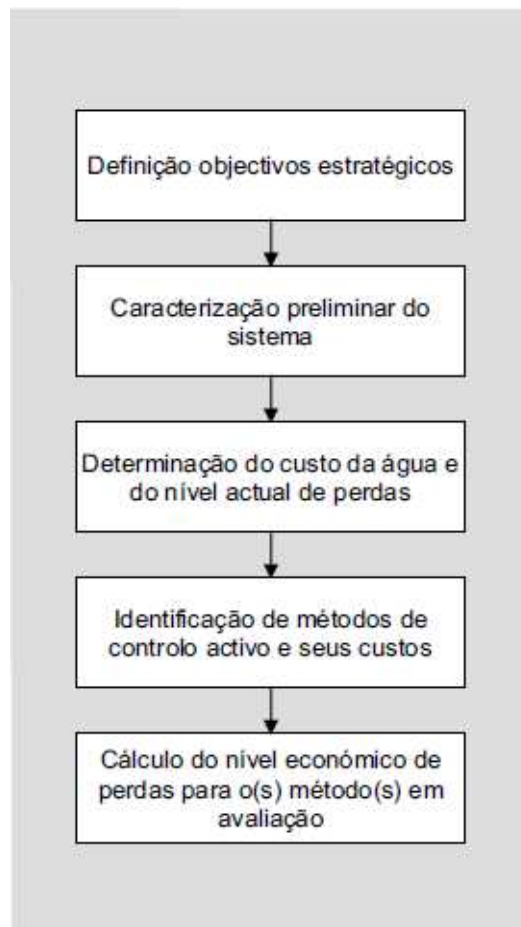


Figura 19 – Definição de uma estratégia de controlo de perdas.

(Adaptado de Alegre *et al*, 2005)

A definição de uma estratégia de controlo de perdas, consiste essencialmente em avaliar a partir de que nível de perdas é economicamente rentável proceder a uma intensificação de meios para redução de perdas aparentes, para melhorar a gestão de pressões ou para a localização e reparação de fugas não visíveis. Apesar de esta abordagem economicista ser incompleta, é aquela que é recomendada pela maioria dos autores (Alegre *et al*, 2005).

Thornton (2002), por exemplo, considera que as análises de custo-benefício devem incluir as seguintes parcelas:

- Custos:
 - Custos de engenharia;
 - Custos de construção;

- Custos de produtos;
- Aumento de custos de manutenção de novo equipamento e “*software*”;
- Redução de proveitos eventualmente decorrente de gestão de pressões.
- Benefícios:
 - Redução de perdas a custo marginal;
 - Redução de custos de manutenção decorrente da redução de fugas reportadas.

Em função desta visão economicista do controlo de perdas, é necessário determinar o nível económico de perdas (NEP). O NEP define-se como o nível em que o custo marginal do controlo de activo de perdas iguala o custo marginal da água perdida, ou seja é o nível onde o custo de redução de perdas em unidade de volume é igual ao custo de produção dessa unidade de volume de água. Para atingir o nível económico de perdas é necessário determinar e comparar o nível económico de perdas reais (NEPr) e o nível económico de perdas aparentes (NEPa). Esta situação resulta da necessidade de aplicar procedimentos para minimizar os erros de medição e de consumos não contabilizados, e pelo facto desses procedimentos serem independentes dos procedimentos para minimização de perdas reais (Alegre *et al*, 2005)

Como já se referiu anteriormente, identificação das intervenções a realizar para redução de perdas aparentes é relativamente mais fácil que as necessárias para as perdas reais, sendo naturalmente necessário realizar uma análise de custo-benefício para definir as intervenções a implementar e a prioridade com que deverão ser postas em prática. Assim, e relativamente às perdas reais, é necessário determinar o nível económico das perdas reais, sendo que este nível é influenciado por um conjunto de factores locais:

- Custo de mão-de-obra;
- Custo da água;
- Pressão de serviço;
- Idade e estado de conservação das tubagens;
- Tipologia das roturas;
- Método(s) utilizado(s) para controlo de fugas — quanto mais dispendioso, mais alto será o NEPr.

Devido às influências a que está sujeito o valor do NEPr, segundo Alegre *et al* (2005):

- Varia de rede para rede;
- Varia ao longo do tempo;
- Pode ser afectado por sazonalidade na frequência de roturas;
- Quando calculado com base no controlo activo de perdas, é afectado por alterações de operação da rede (ex.: na pressão de serviço);
- Depende do valor da água, que se altera ao longo do tempo;
- Depende das técnicas de detecção e reparação de fugas adoptadas.

Os objectivos estratégicos baseados no NEPr devem ser específicos de cada caso e dinâmicos, evoluindo de ano para ano.

O NEPr pode ser tido em conta de duas formas distintas:

- No curto prazo – NEPr-CP;
- No longo prazo – NEPr-LP.

Para Alegre *et al* (2005), por ser mais simples, normalmente apenas se faz a avaliação com base no NEPr-CP. Contudo, quando se está no limiar de capacidade das infra-estruturas ou de utilização de captações, pode ser necessário optar entre investir no reforço da capacidade de produção e transporte ou investir na redução de perdas, já que esta permite diferir ou evitar a construção de novas infra-estruturas. Nestas situações não se pode deixar de proceder a uma análise mais completa, de médio ou longo prazo, que atenda a estes aspectos, recorrendo ao NEPr-LP. Assim, o cálculo do NEPr-CP é efectuado com base na comparação dos custos marginais de detecção e reparação de perdas reais com os benefícios marginais da água que deixa de se perder em fugas e extravasamentos. Ou seja, é a situação em que se equilibra o custo marginal do controlo activo de fugas com o custo marginal da água perdida por fugas. Por norma existem vários níveis económicos de perdas em cada zona distinta da rede.

Na figura seguinte observa-se a evolução do nível económico das perdas de água reais.

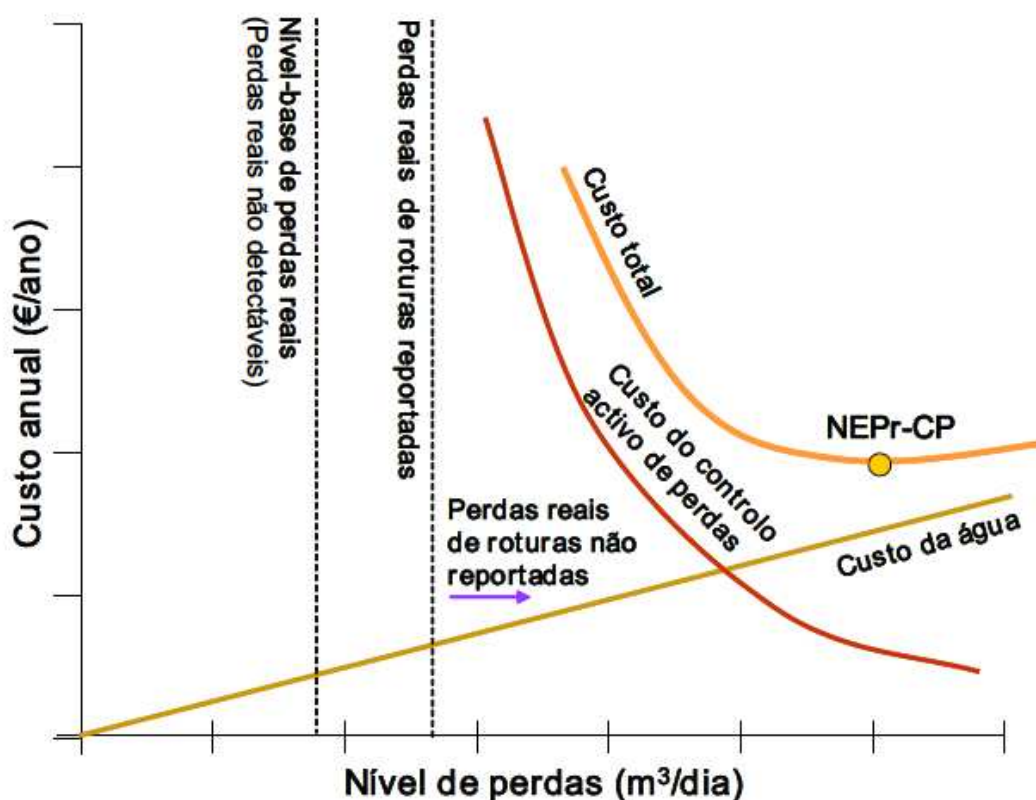


Figura 20 – Nível económico das perdas reais. (Adaptado de Alegre et al, 2005)

A figura anterior representa o conceito de nível económico das perdas reais, isto é, custos totais por nível de perdas de água. Com o aumento das perdas, os custos totais de água perdida aumentam. Por outro lado, os custos do controlo activo de perdas diminuem com a relaxação (aumento) dos níveis permitidos. Pela soma das duas obtém-se a curva total, em que o mínimo da mesma corresponde ao nível económico de perdas. Assim, Alegre *et al* (2005) considera que a definição de uma estratégia de controlo de perdas reais deverá obedecer às seguintes etapas:

- i. Definir os objectivos estratégicos;
- ii. Proceder à identificação e caracterização antecedente do sistema de distribuição de água em questão e da área em que este se insere;
- iii. Determinar o custo da água e o nível actual de perdas de água;
- iv. Determinar que métodos de controlo activo de perdas se estão a utilizar e o seu custo, e a existência e custo de métodos alternativos;
- v. Calcular o nível económico de perdas para os métodos de controlo de perdas que se estão a utilizar;
- vi. Analisar a possibilidade de executar campanhas de redução de pressões, com vista à redução de fugas;

- vii. Verificar se os métodos de controlo de perdas actuais são os mais eficazes, e identificar outros métodos mais viáveis, em função do respectivo nível económico de perdas;
- viii. Implementar os métodos escolhidos;
- ix. Avaliar o desempenho da nova situação.

Este processo é contínuo, uma vez que, como se pode constatar pelo último passo, consiste em sistematicamente reavaliar a situação, voltando periodicamente à etapa iv.

III.6.1.2.1. Definição de Objectivos Estratégicos

III.6.1.2.1.1. Nível Económico de Perdas Reais

Como foi referido anteriormente para que ocorra o nível económico de perdas é necessário estar-se perante o nível económico de perdas reais. Assim, os objectivos estratégicos para cada zona de medição e controlo ou para cada subsistema deverão ser definidos de modo a investir em controlo activos de perdas reais tanto quanto o benefício corresponder o compense (Alegre *et al*, 2005).

O custo marginal da água, determinado pelo custo associado à origem de água mais cara da rede no caso de origens múltiplas, é o custo que seria economizado reduzindo o volume de água abastecida em 1 m^3 . O custo marginal do controlo activo de perdas é o preço, para um determinado nível de perdas, de reduzir o volume perdido em 1 m^3 . O nível económico de perdas encontra-se no ponto em que as duas curvas dos custos marginais se encontram com declives simétricos, como é possível verificar na figura 20.

III.6.1.2.2. Identificação e Caracterização Preliminares

Esta fase divide-se num conjunto de etapas que englobam os diferentes sectores de uma entidade gestora, e consistem, segundo Alegre et al (2005) em:

- Identificar os limites de todos os subsistemas existentes, nomeadamente confinados por reservatórios ou instalações elevatórias próprias, ou constituindo zonas de pressão;
- Identificar claramente todos os pontos de abastecimento de cada subsistema, bem como os pontos de transferência de água para outros sistemas ou subsistemas;
- Verificar se todos os locais identificados no ponto anterior dispõem de equipamento de medição de caudal ou de nível que permita estabelecer os balanços de massas nos principais subsistemas;
- Verificar se existe um sistema de gestão de bases de dados de consumidores que permita com facilidade e rapidez obter os consumos médios anuais medidos e estimados em cada um dos subsistemas, de modo a minimizar tanto quanto possível as tarefas a executar manualmente;
- Verificar a existência e a operacionalidade dos modelos de simulação existentes para apoiar as fases seguintes, particularmente a avaliação do nível actual de perdas nas redes de distribuição de cada uma das zonas de pressão da cidade e na definição dos limites das zonas de medição e controlo.

A conclusão de todas estas etapas, corresponde a uma situação privilegiada, de nível de desenvolvimento elevado, devendo ser entendida como uma meta a atingir progressivamente, o que levará a resultados mais exactos e de obtenção menos morosa.

III.6.1.2.3. Determinação do Nível Actual de Perdas

III.6.1.2.3.1. Perdas no Transporte e Perdas na Distribuição

Para Alegre *et al* (2005), quando os sistemas contemplam simultaneamente funções de adução e de distribuição, é recomendável calcular separadamente as perdas correspondentes a cada uma destas funções. Em redes antigas e complexas, encontram-

se com alguma frequência condutas que simultaneamente distribuidoras para um centro urbano e adutoras para aglomerados urbanos limítrofes. Nestes casos, é desejável que a rede seja progressivamente estruturada e equipada, de modo a poder vir a efectuar-se este cálculo com rigor satisfatório e a separar as duas funções para condições normais de funcionamento. A utilização criteriosa do modelo matemático pode ajudar a estimar o caudal de uma ou outra derivação que não disponha de medidor. Pelas razões expressas, é inevitável que os modelos não permitem avaliar a ordem de grandeza das perdas reais realmente existentes na rede de distribuição. Sem uma estimativa satisfatória deste valor não será possível avaliar o nível económico de perdas em termos de globalidade da rede ou de grandes subsistemas e decidir com base numa abordagem “*top-down*” quando e onde vale a pena investir na implementação de estratégias de controlo mais sofisticadas.

Perante esta situação, existem duas atitudes a tomar:

- Definir áreas de acção prioritárias com base na experiência da entidade gestora;
- Avaliar as alterações que seria necessário introduzir para que futuramente se possa basear o planeamento estratégico do controlo activo de perdas numa abordagem “*top-down*”.

III.6.1.2.3.2. Abordagem “bottom-up”

A entidade gestora poderá seleccionar as primeiras áreas da rede a investigar com base em critérios empíricos, dos quais se salientam:

- Frequência actual de roturas;
- Idade e materiais da rede;
- Tipo (permeabilidade) de solo;
- Nível freático;
- Tipo de ocupação socio-demográfica.

A aplicação desta abordagem permite seleccionar as áreas dos sistemas ou sub-sistemas mais problemáticas e a necessitar intervenção urgente. Este passo permite iniciar a resolução dos problemas existentes, sendo que a sua concretização desta fase já é um grande progresso.

III.6.1.2.3.3. Abordagem “top-down”

A abordagem “top-down” consiste na avaliação das necessidades de intervenção, inicialmente para a globalidade do sistema, depois por grandes subsistemas, e progressivamente em menores áreas que abasteçam de 2.000 a 6.000 habitantes-equivalente. Para a estruturação correcta de uma estratégia global de controlo de perdas, será conveniente vir a dispor dos meios que permitam avaliar separadamente as perdas relativas à rede de adução e à rede de distribuição.

III.7. NÍVEL ECONÓMICO

Como já foi referido anteriormente, o investimento em procedimentos que permitam reduzir e controlar as fugas configura-se como um método eficaz para colmatar a crescente necessidade de água da sociedade actual. Existem diversos custos económicos associados às fugas, dos quais se destacam:

- Custos de água perdida;
- Interrupção do abastecimento;
- Reparação das condutas e acessórios;
- Limpeza das zonas afectadas;
- Prejuízos causados aos moradores da zona, muitas vezes não quantificáveis.

As fugas e as roturas numa rede de distribuição implicam custos elevados quando comparados com os custos associados à introdução e operação de um sistema eficiente de detecção, que não só controle a sua evolução mas que também evite o seu agravamento em termos de frequência e importância das ocorrências. É perante esta problemática que urge interrogar se será ou não rentável a implementação de um sistema de controlo de fugas numa determinada rede de distribuição. Assim, a análise de custo-benefício define o nível económico de perdas, a partir do qual deixa de ser rentável dar continuidade ao projecto. Sendo que se atinge o nível óptimo de perdas, quando o investimento no controlo de perdas iguala o custo efectivo dessas mesmas perdas de água. Qualquer outra combinação de custos resultará, certamente, em encargos mais elevados (Covas, 1998).

Não existe um valor universal para o nível óptimo de perdas, este depende, entre muitos outros factores, da zona de abastecimento, do custo da mão-de-obra local, da pressão de funcionamento, do estado de conservação da rede e da localização das roturas.

De 2008 para 2010 o indicador de ineficiência de utilização dos recursos hídricos tem vindo a diminuir, o que permitiu que o índice infra-estrutural de fugas (ILI) também diminuísse até um valor que demonstra que ainda existe potencial para melhorias marcadas, tais como: gestão da pressão, melhores práticas activas do controlo de perdas e melhor manutenção da rede.

Este aumento de eficiência deveu-se essencialmente aos seguintes factores: diminuição do tempo de resposta/reparação de roturas na via pública, controlo dos níveis dos reservatórios com recurso a telemetria, sensibilização dos funcionários, elaboração do cadastro de rede em SIG, elaboração de planos de manutenção de infra-estruturas, entre outros.

Ao analisarmos a evolução dos indicadores operacionais constatamos que as medidas adoptadas pela entidade gestora revelaram-se positivas, uma vez que houve um decréscimo do valor destes indicadores, com excepção do indicador das perdas aparentes.

A adopção das medidas acima referidas permitiu que as perdas de água diminuíssem de 31% em 2008 para 22% em 2010, que embora seja um valor acima da meta definida pela ERSAR, se assume como um valor bastante satisfatório face às carências da entidade gestora.

IV. ESTUDO DE CASO

IV.1 INTRODUÇÃO

Os Serviços Municipalizados da Nazaré são a entidade gestora responsável pelo sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré. Esta entidade foi criada a 08 de Janeiro de 1934 por deliberação camarária. Esta entidade foi criada com o intuito de explorar e gerir os seguintes serviços públicos:

1. A captação, elevação e distribuição de água potável à vila da Nazaré e às povoações do respectivo concelho;
2. A transformação, transporte e distribuição de energia eléctrica a todo o concelho da Nazaré (até 1987, ano em que passou para a gestão da EDP).

Em 1954, com a cedência de exploração do Ascensor da Nazaré, juntamente com a aquisição de um autocarro, os Serviços Municipalizados da Nazaré, passaram também a explorar o transporte colectivo de passageiros e mercadorias.

Com a inauguração do Parque de Estacionamento Cândido dos Reis, em 2001, os Serviços Municipalizados da Nazaré passaram a integrar nas suas competências a gestão deste parque.

Dadas as especificidades dos serviços prestados pelos Serviços Municipalizados da Nazaré, a estrutura desta entidade divide-se por diversos sectores, conforme se pode verificar pela figura seguinte.

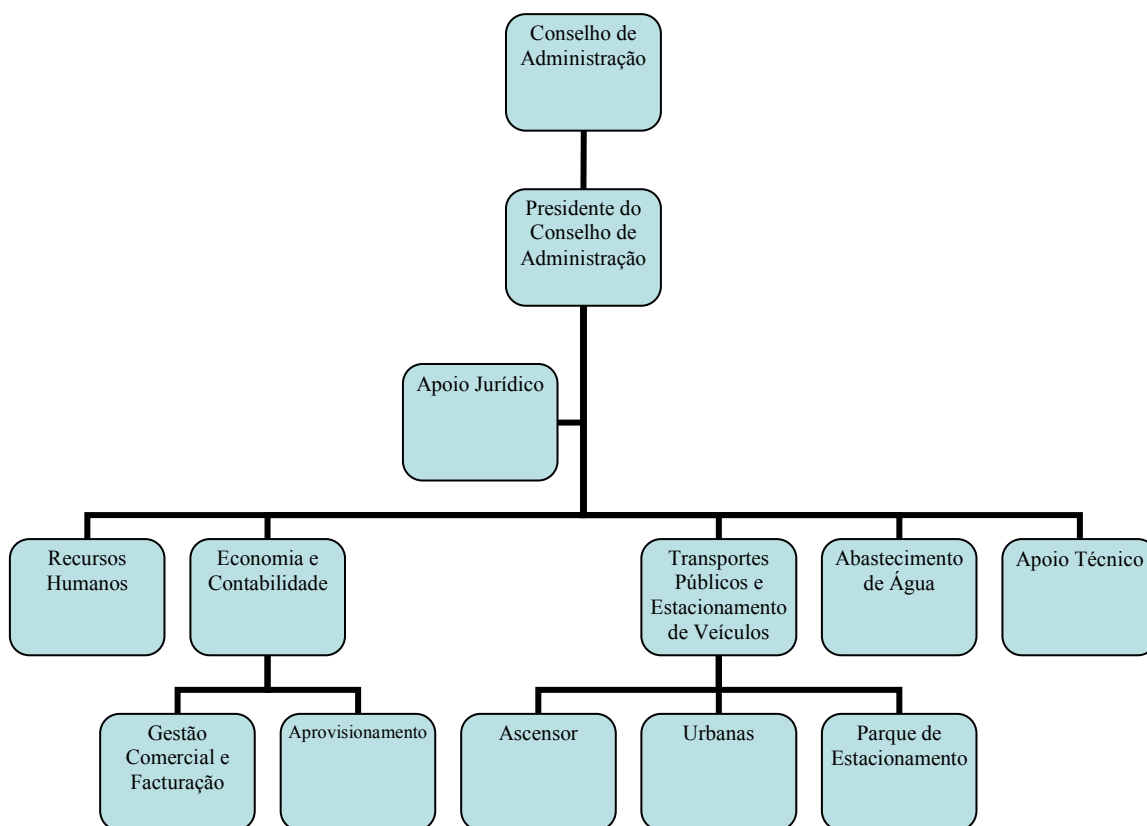


Figura 21 – Organograma dos Serviços Municipalizados da Nazaré. (Fonte: SMN)

Em função das competências atribuídas aos Serviços Municipalizados da Nazaré, estes possuem um total de 59 funcionários distribuídos pelos diferentes sectores, conforme se pode verificar na figura seguinte.

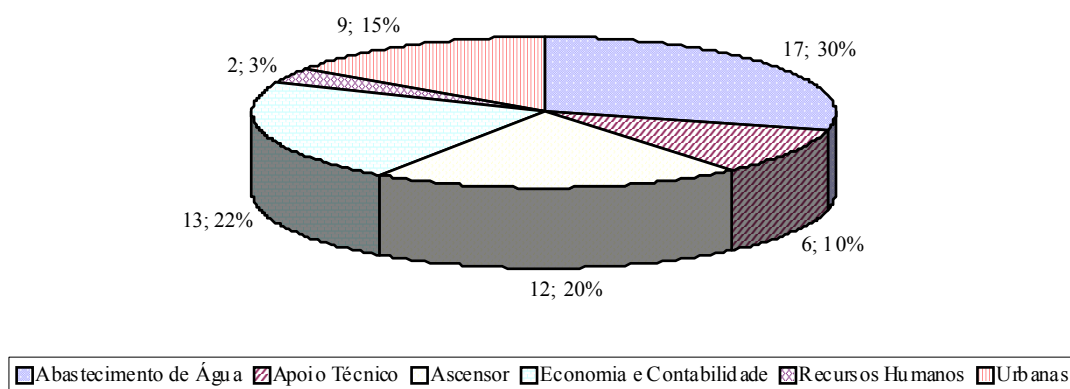


Figura 22 – Distribuição dos funcionários por sector. (Fonte: SMN)

Pela figura anterior é possível constatar que o Sector de Abastecimento de Água é aquele que absorve a maior parte dos funcionários dos Serviços Municipalizados da Nazaré, 17, perfazendo 30% do número total de funcionários.

Em termos de funções desempenhadas elas agrupam-se em três carreiras: Assistente Operacional, Assistente Técnico e Técnico Superior. Na figura seguinte apresenta-se o número de funcionários por carreira.

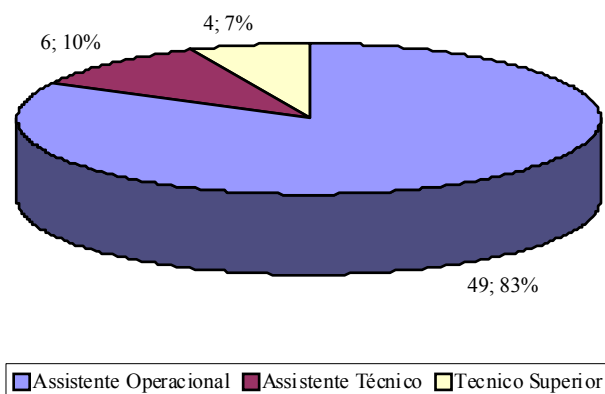


Figura 23 – Distribuição dos funcionários por carreira. (Fonte: SMN)

Como é possível observar na figura anterior 83% dos funcionários dos Serviços Municipalizados da Nazaré estão integrados na carreira de Assistente Operacional, esta situação deve-se essencialmente ao tipo de competências atribuídas a esta entidade.

Relativamente ao sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré, e à semelhança de outros sistemas de abastecimento de água em Portugal, foi construído em função das necessidades da população. Devido ao aumento da actividade do sector da construção civil nos últimos 10-15 anos, o crescimento do sistema de abastecimento de água desenvolveu-se seguindo uma política de reacção e adaptação à constante mutação habitacional do concelho, em detrimento de um planeamento adequado. As infra-estruturas de abastecimento de água actuais foram executadas em anos diferentes (SMN, 2011). Na tabela seguinte é possível constatar a evolução do número de alojamentos e edifícios no concelho da Nazaré.

Tabela 14 – Alojamentos e edifícios no concelho da Nazaré.

(Fonte: INE - Recenseamento geral da população)

	Censos 2001	Censos 2011
Alojamentos (un.)	10.055	13.212
Edifícios (un.)	6.042	7.657

O sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré está dividido em dois sistemas: sistema em “alta” e sistema em “baixa”

IV.1.1. Caracterização do Sistema de Abastecimento em “Alta”

O sistema de abastecimento em alta do concelho da Nazaré comporta duas componentes: a captação própria de água gerida pelos Serviços Municipalizados da Nazaré e a aquisição de água tratada à empresa Águas do Oeste S.A.

A captação própria de água divide-se em três subsistemas, cuja designação deve-se à localização geográfica das captações: Águas Belas, Fanhais e Raposos. Na tabela 14 apresenta-se um breve resumo destes subsistemas.

Tabela 15 – Resumo dos 3 subsistemas de abastecimento de água em “alta” do concelho da Nazaré. (Fonte: SMN)

Componente	Subsistema		
	<i>Águas Belas</i>	<i>Fanhais</i>	<i>Raposos</i>
Captação	11 Captações subterrâneas (furos).	3 Captações subterrâneas (poços)	1 Captação subterrânea (furo)
Armazenamento de Água Bruta	1 Reservatório semienterrado, com uma capacidade total de 1.600m ³ .	1 Reservatório apoiado, com uma capacidade total de 10m ³	Não existe
Armazenamento de Água Tratada	Não existe	Não existe	1 Reservatório elevado com uma capacidade total de 50 m ³
Tratamento	Desinfecção através de cloro gasoso	Arejamento gravítico seguido de desinfecção através de hipoclorito de sódio	Desinfecção através de hipoclorito de sódio
Elevação	2 Estações elevatórias, uma eleva a água para o reservatório da Paliteira (Nazaré) e outra eleva água para o reservatório de Valado dos Frades	1 Estação elevatória	Não existe
Área de Influência (Freguesia)	Freguesia da Nazaré, excepto a localidade de Fanhais; Freguesia de Valado dos Frades; Freguesia de Famalicão, excepto a localidade de Raposos.	Localidade de Fanhais	Localidade de Raposos
População abastecida (habitantes)	14.309	459	300
Estado de Funcionamento	Em funcionamento	Reserva. Só entra em funcionamento no Verão, caso seja necessário	Em funcionamento

A aquisição de água tratada à empresa Águas do Oeste, S.A., iniciou-se em finais de Junho de 2010, e é um sistema que dispõe de dois pontos de entrega, Reservatórios da Paliteira e Reservatório de Fanhais (SMN, 2011):

1. Reservatórios da Paliteira – abastece 43% das necessidades dos sistemas de distribuição de água em “baixa” da Nazaré e de Famalicão;
- Fanhais – abastece 100% das necessidades de água do sistema de distribuição de água em “baixa” de Fanhais.

De modo a entender melhor o sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré, na figura 24 apresenta-se o esquema hidráulico deste sistema, o qual contempla a componente em “alta” e a componente em “baixa”.

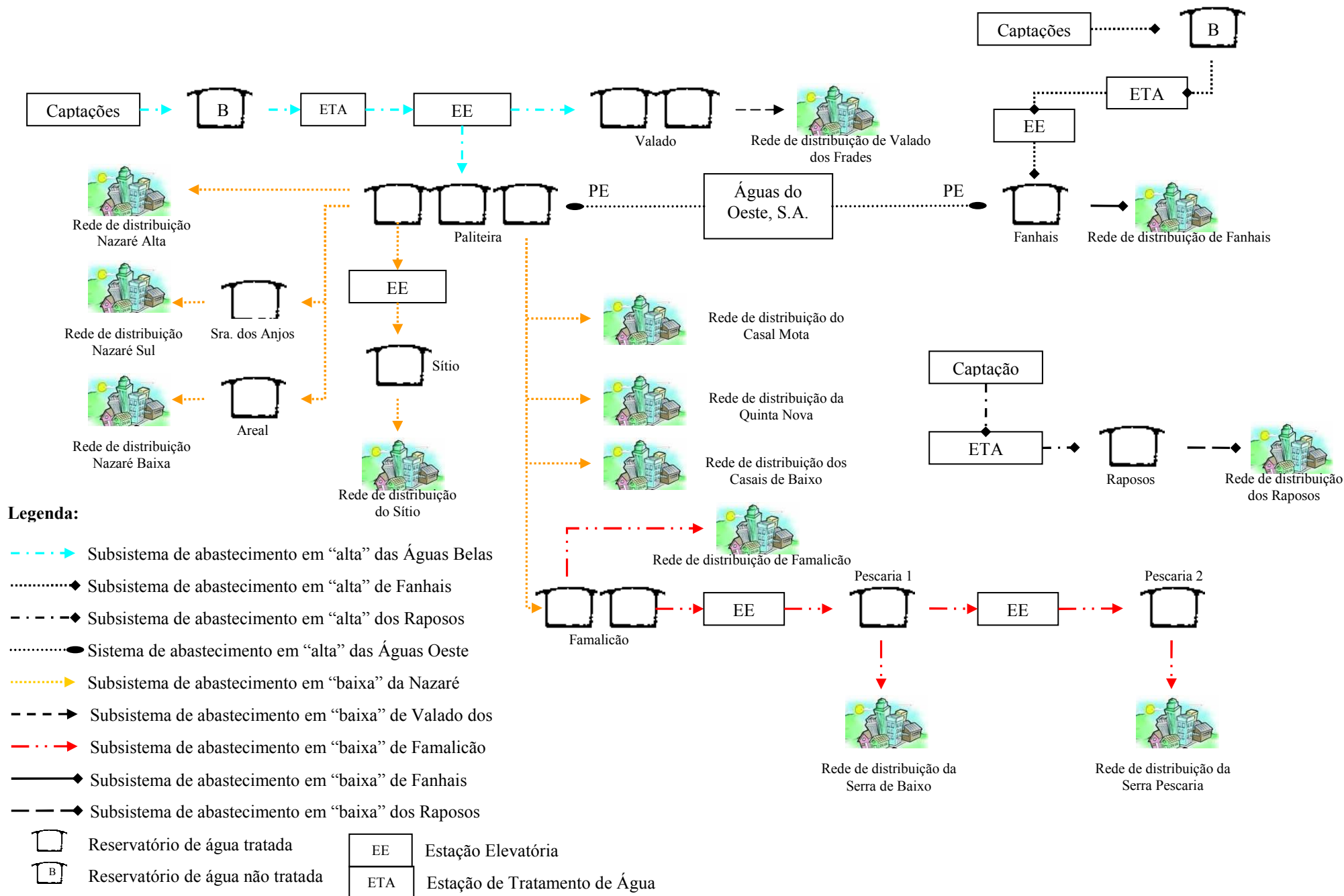


Figura 24 – Sistema de abastecimento de água do concelho da Nazaré. (Fonte: SMN)

Analisando a figura anterior é possível constatar que dos cinco sistemas de abastecimento em “baixa do concelho da Nazaré, somente os sistemas de Valado dos Frades e de Raposos é que não são abastecidos em “alta” pela empresa Águas do Oeste, S.A., sendo abastecidos exclusivamente pelo sistema em “alta gerido pelos Serviços Municipalizados da Nazaré. Os restantes sistemas em “baixa” são abastecidos simultaneamente por ambos os sistemas em “alta”.

IV.1.2. Caracterização do Sistema de Abastecimento em “baixa”

O sistema de abastecimento em baixa do concelho da Nazaré divide-se em 5 subsistemas, como se pode observar na figura 25: Nazaré, Valado dos Frades, Famalicão, Raposos e Fanhais. Na tabela seguinte é possível observar as características genéricas destes subsistemas.

Tabela 16 – Características dos subsistemas de abastecimento em “baixa” do concelho da Nazaré.

Subsistema em “baixa”	População abastecida (hab.) ⁽¹⁾	Consumo médio diário (m³/dia) ⁽²⁾	Localidades abastecidas ⁽²⁾
Nazaré	10.192	2.536	Nazaré, Casal Mota, Quinta Nova e Casais de Baixo
Valado dos Frades	3.107	635	Valado dos Frades
Famalicão	1.010	256	Famalicão, Serra da Pescaria, Rebolo e Macarca
Raposos	300	21	Raposos
Fanhais	459	56	Fanhais

(1) - Dados dos Censos 2011 (Fonte: INE); (2) - Consumo médio diário em 2010 (Fonte: SMN).

Pela análise da tabela anterior é possível constatar, que o subsistema em baixa da Nazaré, abastece 10.192 habitantes, ou seja cerca de 68% do total da população. É também possível constatar que é neste subsistema que o consumo médio diário é maior, perfazendo cerca de 72% do consumo total de água no concelho da Nazaré. Na figura seguinte é possível observar a influência geográfica de cada subsistema de abastecimento em “baixa”.

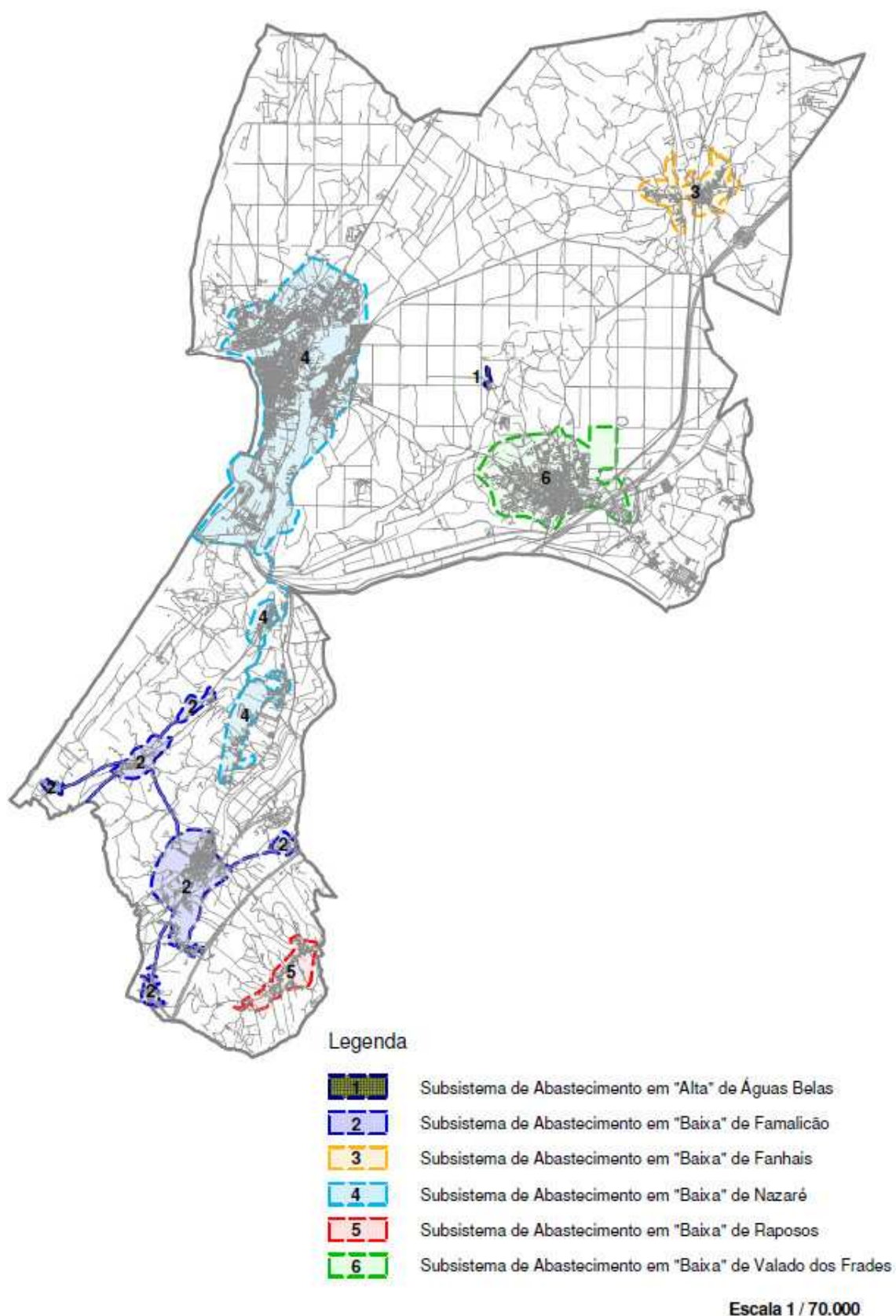


Figura 25 – Influência geográfica dos subsistemas em “baixa” do concelho da Nazaré. (Fonte: SMN)

Em termos infra-estruturais, o sistema de abastecimento em “baixa” do concelho da Nazaré é constituído pelos componentes que se apresentam na tabela seguinte.

Tabela 17 – Infra-estruturas do sistema de abastecimento em baixa. (Fonte: SMN)

Subsistema em “baixa”	Reservatórios		Estações elevatórias (un.)	Condutas (m)		n.º de ramais (un.)
	n.º	Cap. (m³)		Adutoras	Distribuidoras	
Nazaré	6	4.200	1	15.270	85.400	5.078
Valado dos Frades	2	1.400	-	-	19.914	1.396
Famalicão	4	200	2	1.945	21.473	817
Raposos	1	50	-	-	8.216	135
Fanhais	1	50	1	-	4.590	231

Nota: todas as estações elevatórias são constituídas por dois grupos elevatórios.

Analisarmos a tabela anterior constatamos que o subsistema da Nazaré é aquele que apresenta a maior capacidade de reserva, o maior n.º de ramais e mais metros instalados de condutas, esta situação deve-se ao facto de ser o sistema onde houve um maior aumento da edificação nos últimos anos, bem como aquele em que é abastecida a maior parte da população residente.

Relativamente ao subsistema No que concerne ao número de contadores instalados, o sistema de abastecimento da Nazaré tinha em Dezembro de 2010, 12.687 contadores instalados, com diâmetros compreendidos entre os 13mm e os 100mm, e com uma idade média aproximada de 14 anos. O subsistema de abastecimento de água em “baixa” da Nazaré possui 10.103 contadores instalados (79,6% do total de contadores instalados em todo o sistema de abastecimento do concelho da Nazaré) e com uma média de idade de 13 anos (SMN, 2011).

Relativamente ao subsistema em “baixa” da Nazaré, e como foi referido na tabela 16, este é responsável pelo abastecimento a uma população residente de 10.192 habitantes, distribuída por quatro localidades: Nazaré, Casal Mota, Quinta Nova e Casais de Baixo, conforme se pode constatar na tabela 18. Contudo, e em função das características turísticas da vila da Nazaré, os Serviços Municipalizados da Nazaré estimam que a

população servida pelo subsistema de abastecimento em “baixa da Nazaré se fixe entre 25.000 a 30.000 habitantes durante os meses de Verão (SMN, 2011).

O subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré é um subsistema que comporta quer a componente gravítica quer a componente elevatória. Esta rede foi sujeita a ampliações nos últimos 10 -15 anos, em virtude do aumento das áreas urbanizáveis, contudo também foi também sujeita a diversas renovações nas zonas em que a rede distribuição existente era insuficiente para suprir as necessidades da população, nomeadamente na vila da Nazaré (Sítio e Zona Baixa) (SMN, 2011).

O diâmetro das condutas de distribuição varia entre 60 a 400mm, sendo o material das mesmas na sua maioria PVC, existindo ainda alguns troços em fibrocimento.

Os 5.078 ramais existentes, são maioritariamente em PVC e em PEAD, embora existam ramais em ferro galvanizado (SMN, 2011).

Como foi possível observar na figura 24, a água que é distribuída neste subsistema, tem origem no subsistema em “alta” das Água Belas e no sistema em “alta” das Águas do Oeste S.A.. A água é entregue nos reservatórios da Paliteira, onde é armazenada, seguindo daqui para o subsistema de em “baixa” da Nazaré e para o subsistema em baixa de Famalicão.

O subsistema de abastecimento de água em “baixa” da Nazaré, é constituído por quatro zonas de abastecimento que devem o seu nome à localização dos reservatórios que abastecem as respectivas redes de distribuição. (SMN, 2011) Na tabela seguinte apresentam-se as características das zonas de abastecimento.

Tabela 18 – Características das zonas de abastecimento do subsistema em “baixa” da Nazaré. (Fonte: SMN)

Subsistema	Zona de Abastecimento	Localidade – Zona	População Abastecida (Hab.)	Reservatórios	
				<i>n.º</i>	<i>Cap. (m³)</i>
Nazaré	Paliteira	Nazaré – Zona Alta	1.057 ⁽²⁾	3	2.500
		Casal Mota	123 ⁽¹⁾		
		Quinta Nova	159 ⁽¹⁾		
		Casais de Baixo	145 ⁽¹⁾		
	Sítio	Nazaré – Sítio ⁽³⁾	5.904 ⁽²⁾	1	500
	Srª dos Anjos	Nazaré – Zona Sul	1.254 ⁽²⁾	1	1.000
	Areal	Nazaré – Zona Baixa	1.550 ⁽²⁾	1	200

(1) – Valores estimados pela entidade gestora. (Fonte: SMN)

(2) – Dados dos Censos 2011. (Fonte: INE)

(3) – Inclui os seguintes aglomerados populacionais: Sítio, Calhau, Urbisol, Cerâmica, Nova Nazaré, Pinhal Mar, Cooperativa e Pederneira. (Fonte: SMN)

Analisando a tabela anterior constatamos que a zona de abastecimento do Sítio é aquela que abastece o maior número de habitantes do subsistema em “baixa” da Nazaré, aproximadamente 58% do total da população que reside neste subsistema. Esta situação deve-se ao crescimento da edificação na zona de influência desta zona de abastecimento nos últimos anos. É também, possível constatar que a zona de abastecimento do Sítio tem uma reduzida capacidade de armazenamento de água face à população abastecida, o que cria grandes constrangimentos no abastecimento de água durante os meses de Verão e em períodos de maior pico (Passagem de Ano) devido ao aumento da população, ou então devido a anomalias no sistema de abastecimento (como roturas na rede de distribuição, falhas de energia, etc.).

Na figura 26 é possível observar o esquema hidráulico do subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré.

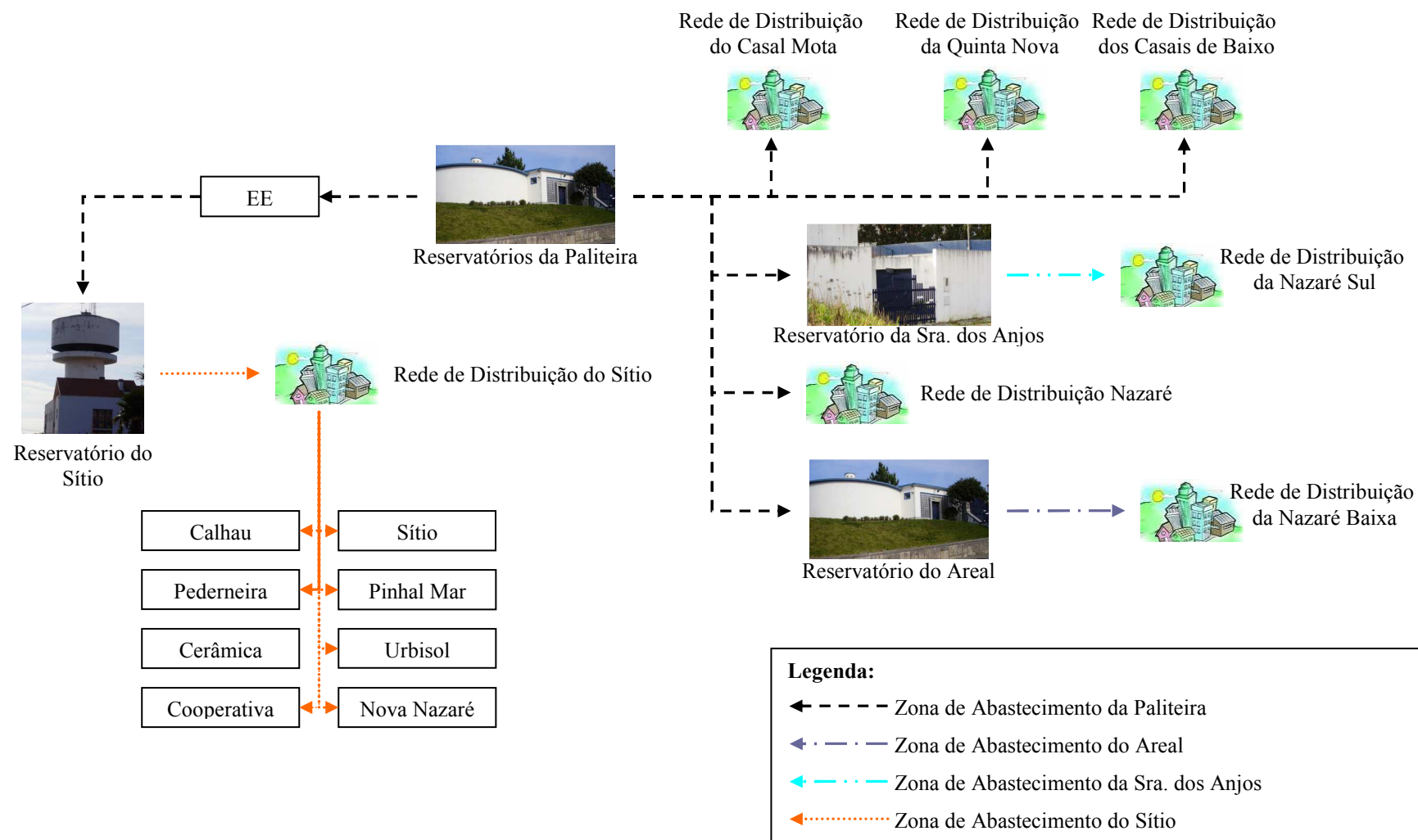


Figura 26 – Esquema hidráulico do subsistema em “baixa” da Nazaré. (Fonte: SMN)

A figura anterior demonstra a grande importância que os reservatórios da Paliteira têm em todo o subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré, uma vez que toda a água distribuída neste subsistema tem origem nestes reservatórios. Mais, a rede de distribuição do Sítio abastece muitos aglomerados populacionais dentro da vila, o que se reflecte na população abastecida.

IV.2. Avaliação da Dimensão do Problema das Perdas de Água

Como foi referido no ponto III.6.1.1., avaliação da dimensão do problema consiste em avaliar o balanço hídrico, auditorias anuais de perdas, indicadores de desempenho económico-financeiro, indicadores de desempenho operacional e indicadores de desempenho ambiental.

IV.2.1. Balanço Hídrico

O balanço hídrico obedece a um conjunto de passos definidos no ponto III.6.1.1.1..

Uma vez que os dados do balanço hídrico são a génese deste trabalho, a viabilidade dos mesmos depende da fiabilidade e exactidão, assim a auditoria de perdas far-se-á simultaneamente. Os dados utilizados no cálculo do balanço hídrico, bem como todos os outros apresentados neste ponto, correspondem ao ano de 2010 e foram obtidos através do “Relatório Anual da Actividade da Secção de Águas – ano de 2010”, no “Relatório de Prestação de contas dos Serviços Municipalizados da Nazaré do ano de 2010” e no cadastro de rede existente na entidade gestora.

IV.2.1.1. Descrição do Sistema e Dados a Considerar

O subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré é constituído, como foi referido anteriormente, apresenta um comprimento total de 85,4 km distribuído por quatro zonas de abastecimento, tem uma pressão média de 45 m.c.a.. Tem uma capacidade total de armazenamento de 4.200m³ distribuída por 6 reservatórios. Na figura 27 mostram-se os limites do subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré e as respectivas zonas de abastecimento.

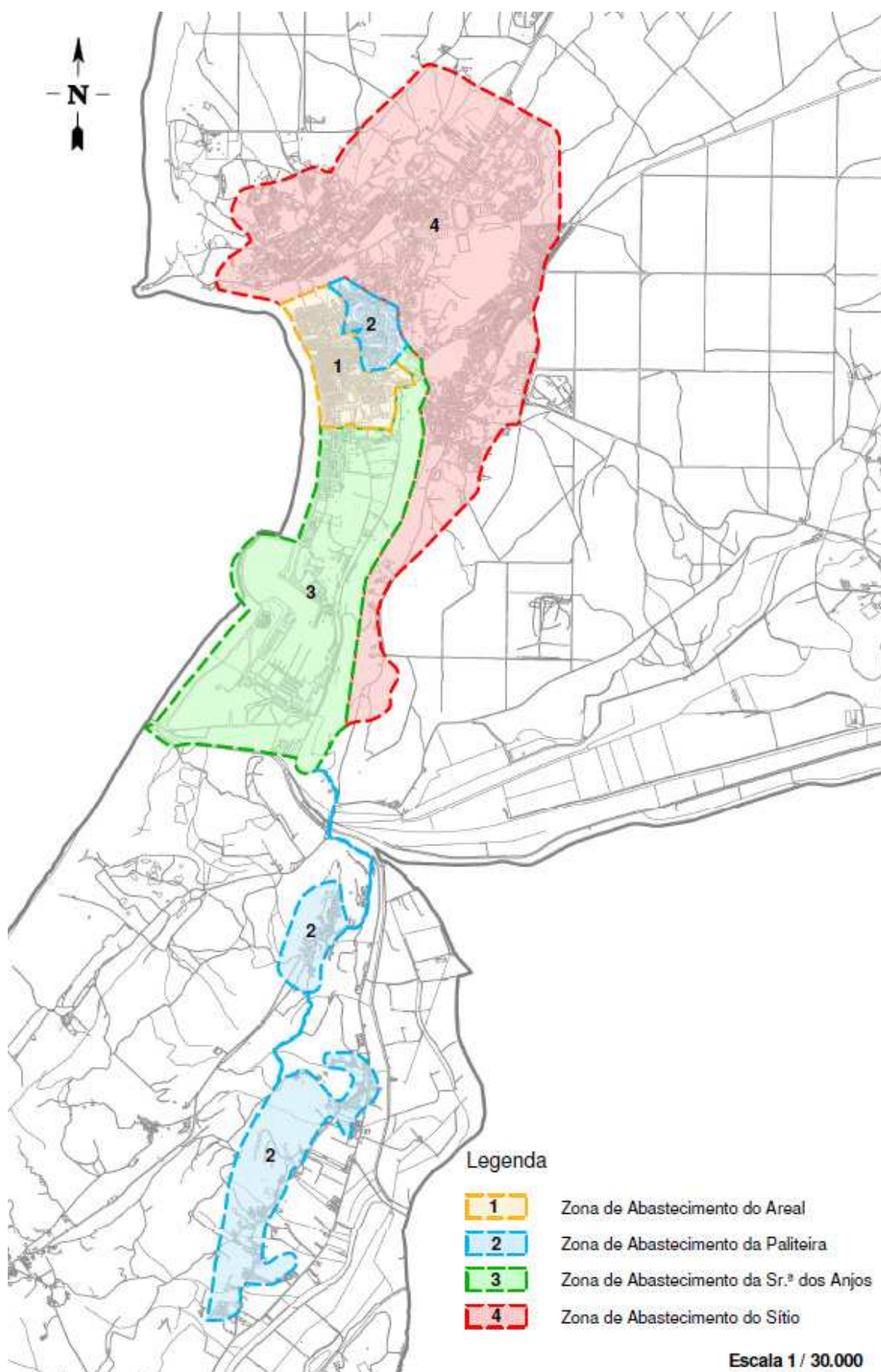


Figura 27 – Subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré. (Fonte: SMN)

Na tabela 19 apresentam-se os dados complementares do subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré.

Tabela 19 – Dados complementares do subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Comprimento total da rede (km)	85,4	0-5	***
Número total de ramais (un)	5.078	0-5	***
Altura piezométrica média de serviço (m.c.a.)	45	5-20	**
Água bruta exportada (m ³)	175.000	0-5	***
Comprimento médio dos ramais prediais (m)	3	5-20	**
Duração do período a que se refere o balanço hídrico (dias)	365	0-5	***
Tempo de pressurização do sistema (h/dia)	24	0-5	***
Custos correntes (€/ano)	1.007.456,09	0-5	***
Tarifa média para consumidores directos (€/m ³)	0,945	0-5	***
Custo unitário assumido das perdas reais (€/m ³)	0,670	0-5	***

Relativamente à tabela anterior, os dados referentes à componente económica (custos correntes, tarifa média e custo unitários) apresentam uma exactidão de 0-5% em virtude da existência da contabilidade analítica implementada, o que se reflecte numa boa fiabilidade dos dados apresentados. Os restantes dados apresentam uma fiabilidade mediana como consequência da falta de validação de alguns dos dados existentes no cadastro de rede, o que se traduz num aumento do erro associado (exactidão).

IV.2.1.2. Volume de Água Entrada no Subsistema em “baixa” da Nazaré

A determinação do volume de água que entra no subsistema em estudo, e baseia-se na contabilização das parcelas que o compõem:

$$(14) \quad \text{Água}_{\text{entrada}} = \text{Água}_{\text{captada}} + \text{Água}_{\text{bruta importada}} + \text{Água}_{\text{tratada importada}}$$

A água captada consiste no volume de água elevado do subsistema de abastecimento em “alta” das Águas Belas para os reservatórios da Paliteira.

Tabela 20 – Cálculo da água entrada no subsistema em estudo.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Água captada (m ³ /ano)	1.121.170	0-5	***
Água bruta importada (m ³ /ano)	0	0-5	***
Água tratada importada (m ³ /ano)	345.108	0-5	***
Água entrada no subsistema (m³/ano) (*)	1.466.278	0-4	-

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Ao analisarmos a tabela anterior verificamos que em 2010, 76,4% da água que entra no subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré tem origem no subsistema em “alta” das Águas Belas, sendo que os restantes 23,6% tem origem na água adquirida à empresa Águas do Oeste S.A.

IV.2.1.3. Cálculo do Consumo Autorizado e da Água Facturada

Cálculo do Consumo Autorizado

O consumo autorizado facturado e a água facturada são obtidos através do somatório do consumo facturado medido com o consumo facturado não medido. O consumo facturado medido é calculado tendo em conta o consumo correspondente à distribuição directa e ao volume de água exportada, os valores correspondentes a cada um encontram-se na tabela seguinte.

Tabela 21 – Cálculo do consumo facturado medido no subsistema em estudo.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Consumo Facturado Medido (m³/ano) ^(*)	954.893	4-13	-
Distribuição Directa (m³/ano) ^(*)	954.893	4-13	-
Consumo doméstico (m ³ /ano)	620.115	5-20	***
Consumo de comércio e serviços (m ³ /ano)	138.845	5-20	***
Consumo público (m ³ /ano)	150.256	5-20	***
Consumo industrial (m ³ /ano)	3.563	5-20	***
Outros consumos facturados medidos (m ³ /ano)	42.114	5-20	***
Água Exportada (m³/ano) ^(*)	0	0-5	-
Água vendida a outras entidades gestoras (m ³ /ano)	0	0-5	***

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

No que concerne ao volume de água da distribuição directa, considerou-se uma exactidão de 5-20% uma vez que a idade média dos contadores no sistema de distribuição da Nazaré é de 13 anos, ou seja acima do limite legal estipulado Decreto-Lei 71/2011 de 16 de Junho e na Portaria 962/90 de 9 de Outubro.

Relativamente ao apuramento do consumo facturado não medido, este é de 0 m³/ano, uma vez que todo o consumo facturado está sujeito a medição.

Cálculo da água não facturada

O volume de água não facturada calcula-se pela diferença entre a água entrada no sistema e a água facturada.

O cálculo do volume de água não facturada no sistema de distribuição da Nazaré é a diferença entre a água entrada no subsistema em “baixa” da Nazaré e o consumo facturado medido, ou seja:

$$1.466.278 \text{ m}^3/\text{ano} - 954.893 \text{ m}^3/\text{ano} = 511.385 \text{ m}^3/\text{ano}$$

IV.2.1.4. Estimativa do consumo de água não facturada

O consumo de água não facturada é resultado da soma do consumo não facturado medido com o consumo não facturado não medido.

Estimativa do consumo não facturado medido

O consumo não facturado medido diz respeito ao consumo de água efectuado nas diversas infra-estruturas da entidade gestora, do consumo efectuado em eventos com o patrocínio do município e no combate em incêndios. Na tabela seguinte apresenta-se o cálculo deste tipo de consumo.

Tabela 22 – Cálculo do consumo autorizado não facturado medido no subsistema em estudo.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Consumo não Facturado Medido (m³/ano) (*)	182.696	0-4	-
Distribuição Directa (não facturada medida) [m³/ano] (*)	7.696	0-4	-
Consumo público (m ³ /ano)	1.045	0-5	***
Consumo próprio da entidade (m ³ /ano)	264	0-5	***
Combate a incêndio (m ³ /ano)	6.387	0-5	***
Água Exportada (m³/ano) (*)	175.000	0-5	-
Água transferida para outros sistemas da mesma entidade (m ³ /ano)	175.000	0-5	***
Água transferida para outras entidades gestoras (m ³ /ano)	0	0-5	***

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Relativamente aos valores apresentados na tabela anterior estes resultam da medição efectuada pelos Serviços Municipalizados da Nazaré. O valor do consumo próprio da entidade gestora resulta da existência de contadores em todas as infra-estruturas dos Serviços Municipalizados da Nazaré. No que concerne ao consumo público, este é referente à medição da água, através da instalação de um contador, em todos os eventos

com o patrocínio do município da Nazaré. No consumo de combate a incêndio, considerou-se o consumo anual do quartel dos Bombeiros Voluntários da Nazaré.

A boa fiabilidade apresentada, resulta do controlo sistemático com recurso a medições exaustivas e registos fidedignos, que por sua vez diminuem o erro o que se traduz numa boa banda de exactidão.

Estimativa do consumo não facturado não medido

O consumo não facturado não medido diz respeito aos volumes utilizados para combate a incêndios, lavagens de ruas, através das bocas-de-incêndio, bocas-de-fogo e marcos de incêndio. Os valores apresentados resultam, no caso do volume utilizado em lavagens de ruas dos dados obtidos junto da Divisão da Ambiente e Serviços Urbanos da Câmara Municipal da Nazaré; no caso do volume para serviço de combate a incêndio, os dados apresentados foram cedidos pelos Bombeiros Voluntários da Nazaré; relativamente ao valor consumo próprio da entidade, considerou-se o valor estimado pela entidade gestora. Na tabela seguinte é apresentado o cálculo deste tipo de consumo.

Tabela 23 – Cálculo do consumo autorizado não facturado não medido no subsistema em estudo.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Consumo não Facturado não Medido (m³/ano) (*)	11.170	7-24	-
Estimativa de consumo doméstico, comercial e de serviços de clientes sem contador (m³/ano) (*)	0		
Número de consumidores	0	-	-
Capitação média por consumidor (l/dia)	0	-	-
Consumo para rega de espaços verdes (m³/ano) (*)	0	-	-
Consumo de rega por m ² de área irrigado (m ³ /mês)	0	-	-
Área irrigada (m ²)	0	-	-
Número de meses de rega por ano (n.º)	0	-	-
Consumo para lavagem de ruas (m³/ano) (*)	1.350	8-28	-
Número de enchimentos de autotanques (n.º/dia)	10	5-20	**
Capacidade média de cada autotanque (m ³)	3	0-5	***
Número de dias de utilização por ano (dias/ano)	45	5-20	**
Consumo para serviço de combate a incêndio (m³/ano) (*)	9.720	8-28	-
Número de enchimentos de autotanques (n.º/dia)	9	5-20	**
Capacidade média de cada autotanque (m ³)	18	0-5	***
Número de dias de utilização por ano (dias/ano)	60	6-20	**
Consumo próprio da entidade (não medido) (m³/ano) (*)	100	5-20	-
Consumo de processo no tratamento (excluindo volume reutilizado) (m ³ /ano)	0	N/A	N/A
Consumo para lavagem de condutas e reservatórios (m ³ /ano)	100	5-20	**
Consumo nas instalações e espaços verdes da entidade (m ³ /ano)	0	N/A	N/A

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

N/A – não aplicável

Analisando a tabela anterior constata-se que a estimativa de consumo doméstico, comercial e de serviços de clientes sem contador é zero, esta situação deve-se ao facto de todas as instalações activas possuírem um contador. Relativamente ao espaço verdes,

todos os espaços verdes existentes na área de influência do subsistema em “baixa” da Nazaré possuem contador, sendo a água medida e facturada como consumo público, uma vez que os espaços verdes são propriedade do Município da Nazaré.

A fiabilidade apresentada, resulta do facto de se ter confiado em registos não confirmados e em cálculo antigos, que se traduz numa banda de exactidão 7-24%.

Assim, e em função dos valores apresentados nas tabelas 22 e 23 dois quadros anteriores, é possível calcular o volume de consumo autorizado de água não facturado, uma vez que o mesmo é resultado da soma do volume de água não facturada medido com o volume de água não facturada não medido, resultando o consumo autorizado não facturado. Na tabela seguinte apresenta-se o cálculo do consumo de água não facturado.

Tabela 24 – Cálculo do consumo não facturado no subsistema em “baixa” da Nazaré.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Cálculo do consumo autorizado não facturado medido (m ³ /ano) (*)	182.385	0-4	-
Cálculo do consumo autorizado não facturado não medido (m ³ /ano) (*)	11.170	7-24	-
Consumo autorizado de água não facturado (m³/ano) (*)	193.866	0-4	-

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

IV.2.1.5. Cálculo do consumo autorizado

O consumo autorizado resulta da soma dos volumes correspondentes ao consumo autorizado facturado e ao consumo autorizado não facturado.

Consumo autorizado:

$$954.893 \text{ m}^3/\text{ano} + 193.866 \text{ m}^3/\text{ano} = 1.148.759 \text{ m}^3/\text{ano}$$

IV.2.1.6. Perdas de Água Totais

As perdas de água são resultado da diferença entre a água entrada no sistema e o consumo_autorizado.

Perdas de água:

$$1.466.278 \text{ m}^3/\text{ano} - 1.148.759 \text{ m}^3/\text{ano} = 317.519 \text{ m}^3/\text{ano}$$

IV.2.1.7. Perdas de Água Aparentes

O cálculo das perdas aparentes compreende os valores do uso não autorizado e dos erros de medição. O uso não autorizado engloba a utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio e de rega, violação ou manipulação de contadores, e a ligações ilícitas, bem como as perdas de água devidas a erros de medição, resultam geralmente do valor relativo às perdas por micro-medição ou subcontagem. Na tabela seguinte apresenta-se o cálculo das perdas aparentes.

Tabela 25 – Cálculo das perdas de água aparentes do subsistema em estudo.

	Valor	Exactidão (%)	Fiabilidade
Perdas aparentes (m³/ano) ^(*)	130.831	32-91	-
Uso não autorizado (m³/ano) ^(*)	51.200	90-268	*
Consumo relativo a utilização fraudulenta de marcos e bocas-de-incêndio e de rega (m ³ /ano) ^(***)	5.000	101-300	*
Consumo relativo a ligações ilícitas (m ³ /ano) ^(***)	46.400	101-300	*
Estimativa dos erros sistemáticos do consumo autorizado (m³/ano) ^(*)	79.631	21-50	-
Estimativa do erro sistemático da micro-medição (erro do contador, da leitura e do registo) [m ³ /ano] ^(**)	79.631	21-50	*

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

(**) Considerou-se um erro de 7%, em virtude da idade média dos contadores ser de 14 anos, ou seja igual ao limite legal. Esta percentagem traduz o erro sistemático que se considera haver e aplica-se à soma do consumo medido facturado e do consumo medido não facturado.

(***) Valor Adaptado do Guia de Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição publicado pela ERSAR em 2005.

A estimativa de uso não autorizado é muito grosseira, devido à dificuldade em estimar e quantificar o consumo das utilizações fraudulentas, bem como as ligações ilícitas, admitindo-se que o valor real das parcelas se situa entre 0 e até 4 vezes o valor indicado (valor \pm 300%).

IV.2.1.8. Cálculo das perdas reais

O cálculo das perdas reais é resultado da diferença entre as perdas totais e as perdas aparentes.

Perdas reais:

$$317.519 \text{ m}^3/\text{ano} - 130.831 \text{ m}^3/\text{ano} = 186.688 \text{ m}^3/\text{ano}$$

Avaliação das parcelas correspondentes às perdas reais

De modo a fechar o ciclo, é recomendável usar os melhores métodos disponíveis (ex.: análise de consumos nocturnos), para avaliar directamente as perdas reais, e comparar os resultados obtidos no cálculo das perdas reais (Alegre *et al*, 2005). Contudo, devido ao facto de não se proceder à medição de caudais mínimos nocturnos não é possível obter estimativas da água perdida em fugas nas condutas de distribuição.

Não é possível estimar as fugas e extravasamentos nos reservatórios uma vez que os reservatórios não possuem nenhum sistema de medição. A impossibilidade de determinar as perdas reais calculadas pelas duas vias distintas dificulta a identificação das causas que mais contribuem para este tipo de perdas.

Na tabela seguinte apresenta-se o resumo do balanço hídrico do sistema de distribuição de água da Nazaré para o ano de 2010.

Tabela 26 – Balanço hídrico para o ano de 2010 no subsistema de abastecimento em baixa da Nazaré.

Água entrada no sistema 1.466.278 m ³ /ano Incerteza 0-4%	Consumo autorizado 1.148.759 m ³ /ano Incerteza 3-10 %	Consumo facturado 954.893 m ³ /ano Incerteza 4-13 %	Consumo facturado medido 954.893 m ³ /ano Incerteza 4-13 %	Consumo facturado 954.893 m ³ /ano Incerteza 0-5%
			Consumo facturado não medido 0 m ³ /ano	
		Consumo autorizado não facturado 193.866 m ³ /ano Incerteza 0-4 %	Consumo não facturado medido 182.696 m ³ /ano Incerteza 0-4 %	Água não facturada 511.385 m ³ /ano Incerteza 0-9 %
			Consumo não facturado não medido 11.170 m ³ /ano Incerteza 7-24 %	
	Perdas de água 317.519 m ³ /ano Incerteza: 12-43 %	Perdas aparentes 130.831 m ³ /ano Incerteza: 38-111 %	Uso não autorizado 51.200 m ³ /ano Incerteza 92-273 %	
			Erros de medição 79.631 m ³ /ano Incerteza 21-50 %	
		Perdas reais 186.688 m ³ /ano Incerteza: 33-107 %	Fugas nas condutas de adução e/ou distribuição (*)	
			Fugas e extravasamentos nos reservatórios de adução e/ou distribuição (*)	
			Fugas nos ramais (a montante do ponto de medição) (*)	

(*) Sem dados que permitam determinar o volume de água.

IV.2.2. Indicadores de Desempenho

Após o cálculo do balanço hídrico é necessário calcular os indicadores de desempenho relativos às perdas de água, estes dividem-se em três grupos: indicadores económico-financeiros, indicadores operacionais e indicadores de desempenho ambiental.

Considerando que o subsistema de distribuição em “baixa” apresenta um número de ramais superior a 20 por km de rede, serão utilizados os indicadores expressos por ramal.

Os dados utilizados no cálculo dos indicadores de desempenho, bem como todos os outros apresentados neste ponto, correspondem ao ano de 2010 e foram obtidos através do “Relatório Anual da Actividade da Secção de Águas – ano de 2010”, no “Relatório de Prestação de contas dos Serviços Municipalizados da Nazaré do ano de 2010” e no cadastro de rede existente na entidade gestora.

IV.2.2.1. Indicadores Económico-Financeiros

Os indicadores económico-financeiros seleccionados foram os indicadores da IWA: Fi46 – água não facturada em termos de volume e Fi47 – água não facturada em termos de volume (%). O cálculo destes indicadores foi efectuado com recurso à aplicação computacional elaborada pelo LNEC, e de acordo com as equações 1 e 2. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela seguinte.

Tabela 27 – Indicadores económico-financeiros do subsistema em estudo.

Entidade	Código	Descrição	Valor	Exactidão (%) ^(*)
IWA	Fi46	Água não facturada em termos de volume (%)	35	0-9
IWA	Fi47	Água não facturada em termos de custo (%)	43	14-44

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Ao analisarmos a tabela anterior constatamos que cerca de 35% de toda a água que entra no subsistema em “baixa” da Nazaré não é facturada em termos de volume, a situação é mais grave, ao constataremos que cerca de 43% dessa água não é facturada em termos de custo.

IV.2.2.2. Indicadores Operacionais

Os indicadores operacionais seleccionados foram os indicadores da IWA: Op 23 – perdas de água por ramal, Op25 – perdas aparentes por ramal, Op 27 – perdas por ramal, Op29 – índice infra-estrutural de fugas, e Op39 – água não medida. O cálculo destes indicadores foi efectuado com recurso à aplicação computacional elaborada pelo LNEC, e de acordo com as equações 5, 7, 9, 11 e 12. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela seguinte.

Tabela 28 – Indicadores operacionais do subsistema em estudo.

Entidade	Código	Descrição	Valor	Exactidão (%) ^(*)
IWA	Op23	Perdas de água por ramal (m ³ /ramal/ano)	63	12-43%
IWA	Op25	Perdas aparentes por ramal (%)	12	38-111%
IWA	Op27	Perdas reais por ramal (l/ramal/dia)	101	33-108%
IWA	Op29	Índice infra-estrutural de fugas (-)	2,0	33-108%
IWA	Op39	Água não medida (%)	22	11-40%

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Analisando a tabela anterior pode constatar que o valor obtido para indicador de perdas de água por ramal é classificado como bom, face ao intervalo estipulado pela ERSAR (2010), uma vez o valor obtido se encontra no intervalo estabelecido [0;100]. Relativamente ao índice infra-estrutural de fugas, e de acordo com o World Bank Institute Banding, este está classificado na Banda B, o que revela que existe potencial para melhorias no subsistema em “baixa” da Nazaré.

Verificamos também que 22% de toda a água que entra no subsistema em “baixa” da Nazaré não está sujeita a medição, e que por dia em cada ramal se perdem 101 l/ramal/dia.

IV.2.2.3. Indicadores de Desempenho Ambiental

O indicador de desempenho ambiental seleccionado foi o indicador da IWA: WR1 – ineficiência na utilização dos recursos hídricos. O cálculo deste indicador foi efectuado

com recurso à aplicação computacional elaborada pelo LNEC, e de acordo com a equação 14. Os resultados obtidos apresentam-se na tabela seguinte.

Tabela 29 – Indicador de desempenho ambiental do subsistema em estudo.

Entidade	Código	Descrição	Valor	Exactidão (%) ^(*)
IWA	WR1	Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%)	13	33-107

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Ao analisarmos a tabela anterior verificamos que o indicador de ineficiência na utilização dos recursos hídricos no subsistema em “baixa” está abaixo de 15%, que é o valor recomendado pela ERSAR (2009). O facto de se tratar de uma análise isolada, e face à exactidão obtida (33 – 107%), este valor não é relevante.

IV.2.3. Avaliação Global do Subsistema em “baixa” da Nazaré

Como foi referido anteriormente a avaliação global deve contemplar uma análise conjunta dos resultados face a todas as dimensões do problema antes referidas.

Assim, de modo a que se possa avaliar convenientemente o problema é necessário ter em consideração os valores obtidos nos balanços hídricos dos dois anos anteriores (2008 e 2009) ao período em análise. Nas tabelas 30 e 31 apresentam-se, respectivamente, os dados complementares e os balanços hídricos para cada ano, para o subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré

Tabela 30 – Dados complementares do subsistema em “baixa” da Nazaré para os anos 2008, 2009 e 2010.

	2008	2009	2010	Exactidão	Fiabilidade
Comprimento total da rede (km)	85,0	85,0	85,4	0-5	***
Número total de ramais (un)	5.024	5.062	5.078	0-5	***
Altura piezométrica média de serviço (m.c.a.)	45	45	45	5-20	**
Água bruta exportada (m ³)	145.000	160.000	175.000	0-5	***
Comprimento médio dos ramais prediais (m)	3	3	3	5-20	**
Duração do período a que se refere o balanço hídrico (dia)	365	365	365	0-5	***
Tempo de pressurização do sistema (h/dia)	24	24	24	0-5	***
Custos correntes (€/ano)	924.532	1.001.342	1.007.456	0-5	***
Tarifa média para consumidores directos (€/m ³)	0,99	0,80	0,94	0-5	***
Custo unitário assumido das perdas reais (€/m ³)	0,59	0,65	0,67	0-5	***
Custo total das perdas reais (€/ano)	283.933,06	303.335,52	212.737,73	-	-

Ao analisarmos a tabela anterior, constatamos que o subsistema de abastecimento em “baixa” da Nazaré, se manteve praticamente inalterado durante 3 anos, contudo houve um aumento dos custos correntes e do custo unitário assumido para as perdas, sendo que esta tendência será de aumento devido à aquisição de água à empresa Águas do Oeste S.A.. Denota-se também um aumento da água exportada para outros subsistemas em “baixa” do concelho da Nazaré.

Tabela 31 – Resumo dos balanços hídricos de 2008, 2009 e 2010 do subsistema em “baixa” da Nazaré.

Balanço Hídrico	2008		2009		2010	
	<i>Valor</i>	<i>Exactidão ^(*) (%)</i>	<i>Valor</i>	<i>Exactidão ^(*) (%)</i>	<i>Valor</i>	<i>Exactidão ^(*) (%)</i>
Água entrada no sistema (m ³ /ano)	1.576.670	0-4	1.576.670	0-4	1.466.278	0-4
Consumo facturado medido (m ³ /ano)	935.209	4-13	941.445	4-13	954.893	4-13
Consumo facturado não medido (m ³ /ano)	0	-	0	-	0	-
Água facturada (contabilização em termos económico-financeiros) (m ³ /ano)	935.209	0-5	941.445	0-5	954.893	0-5
Consumo autorizado facturado (contabilização em termos operacionais) (m ³ /ano)	935.209	4-13	941.445	4-13	954.893	4-13
Água não facturada (m ³ /ano)	641.461	0-9	635.225	0-9	511.385	0-9
Consumo não facturado medido (m ³ /ano)	145.000	0-4	160.000	0-4	182.696	0-4
Consumo não facturado não medido (m ³ /ano)	12.250	7-24	11.980	7-24	11.170	7-24
Consumo autorizado não facturado (m ³ /ano)	157.250	0-4	171.980	0-4	193.866	0-4
Consumo autorizado (m ³ /ano)	1.092.459	3-10	1.113.425	3-10	1.148.759	3-10
Perdas de água (m ³ /ano)	484.211	12-43	463.245	12-43	317.519	12-43
Uso não autorizado (m ³ /ano)	51.200	92-273	51.200	92-273	51.200	92-273
Erros de medição (m ³ /ano)	75.615	21-50	77.101	21-50	79.631	21-50
Perdas aparentes (m ³ /ano)	126.815	38-111	128.301	38-111	130.831	38-111
Perdas reais (m ³ /ano)	357.396	33-107	334.944	33-107	186.688	33-107

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Ao analisarmos a tabela anterior constatamos que de 2008 para 2010 ocorreu uma diminuição gradual do volume de água entrada no sistema de distribuição da Nazaré associado a um aumento progressivo do consumo facturado. De notar que o grau de incerteza se encontra entre 4-13% em virtude da idade “avançada” do parque de contadores face ao estipulado na legislação.

Consequentemente constata-se uma diminuição do volume de água não facturada entre 2008 e 2010, em função do aumento do consumo autorizado não facturado, o que se traduz numa diminuição gradual do volume de perdas águas.

No que concerne às perdas de água, constata-se a diminuição significativa das perdas reais entre 2008 e 2010, e o aumento gradual das perdas aparentes devido essencialmente à idade do parque de contadores. De referir que o uso indevido de água apresenta um grau de incerteza de 92-273%, o que significa que o uso indevido poderá, na pior das hipóteses, ser cerca de três vezes superior ao indicado. De uma forma geral, observa-se uma clara melhoria em termos da diminuição das perdas de água

Apesar da importância dos balanços hídricos, os indicadores de desempenho permitem avaliar de uma forma mais concreta o estado de evolução do subsistema em estudo, uma vez que permite comparar anos diferentes, bem como com a bibliografia disponível.

Na tabela seguinte apresentam-se os valores relativos aos indicadores de desempenho.

Tabela 32 – Resumo dos indicadores de desempenho para os anos de 2008, 2009 e 2010 do subsistema em “baixa” da Nazaré.

Indicadores de desempenho	2008		2009		2010	
	<i>Valor</i>	<i>Exactidão</i> ^(*) (%)	<i>Valor</i>	<i>Exactidão</i> ^(*) (%)	<i>Valor</i>	<i>Exactidão</i> ^(*) (%)
Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%)	23	33-108	21	33-108	13	33-108
Perdas de água por ramal (m ³ /ramal/ano)	96	12-44	92	12-44	63	12-44
Perdas aparentes (%)	10	38-111	10	38-111	12	38-111
Perdas reais por ramal (l/ramal/dia)	195	33-108	181	33-108	101	33-108
Índice infra-estrutural de fugas (ILI) (-)	3,6	33-109	3,4	33-109	2,0	33-109
Água não facturada em termos de volume (%)	41	0-9	40	0-9	35	0-9
Água não facturada em termos de custo (%)	51	14-45	46	14-45	43	14-45
Água não medida (%)	31	11-41	30	11-41	22	11-41

(*) A exactidão é obtida por cálculo da aplicação desenvolvida pelo LNEC.

Nas figuras seguintes, apresenta-se a evolução dos indicadores do subsistema de acordo com a tabela anterior.

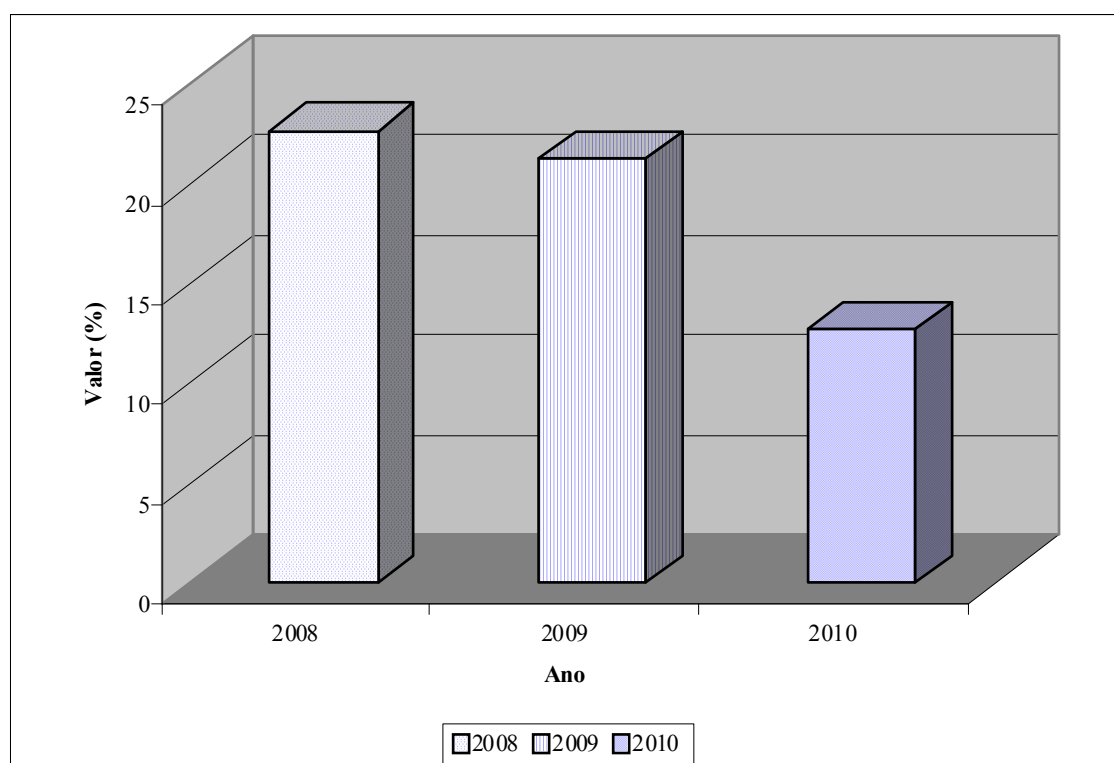


Figura 28 – Evolução do indicador de ineficiência na utilização dos recursos hídricos no subsistema em estudo.

Analisando a figura anterior verificamos que o indicador de ineficiência na utilização dos recursos hídricos nos anos de 2008 e 2009 está acima do valor máximo recomendado pelo ERSAR (15%), contudo, em 2010, o mesmo diminuiu para 13%, ou seja para um valor abaixo do definido pelo ERSAR. Apesar desta redução, a diferença entre ambos é de apenas 2%, o que numa análise isolada e face ao grau de incerteza, não é relevante. Na figura seguinte é possível observar a evolução deste indicador no subsistema em estudo.

Nas figuras 29, 30 e 31 é possível observar a evolução dos indicadores operacionais referentes às perdas de água no subsistema em estudo.

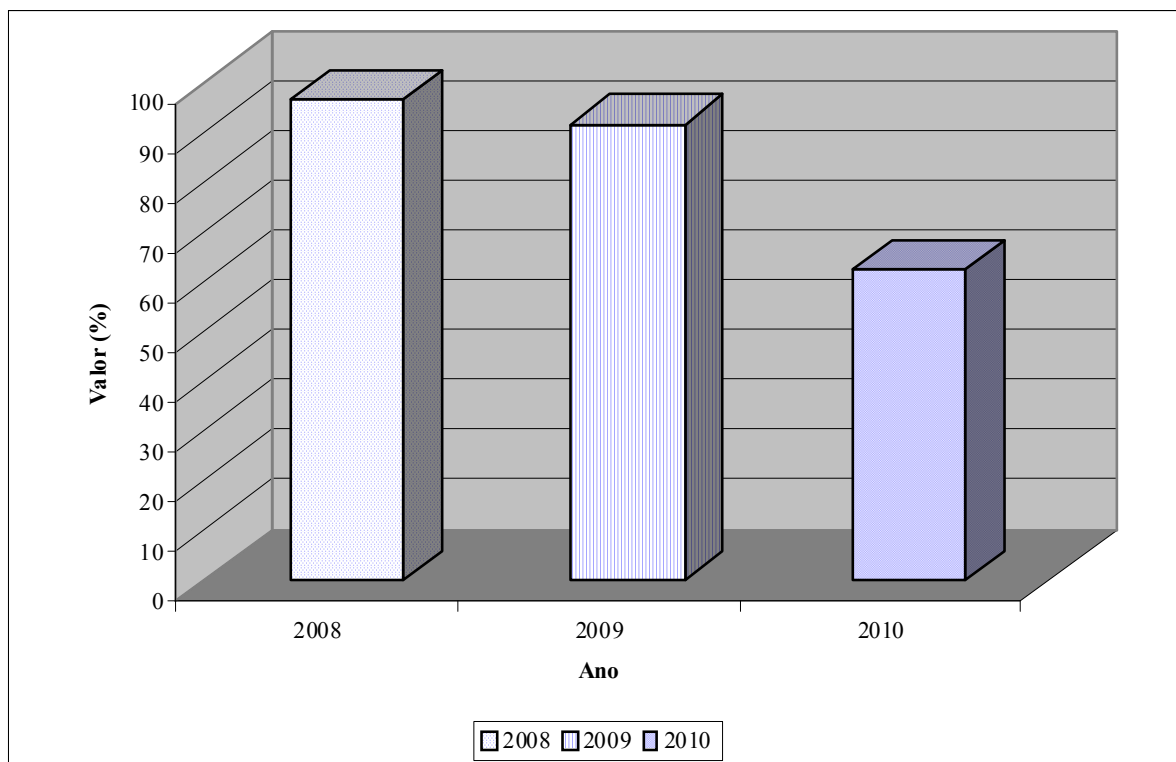


Figura 29 – Evolução do indicador perdas de água por ramal no subsistema em estudo.

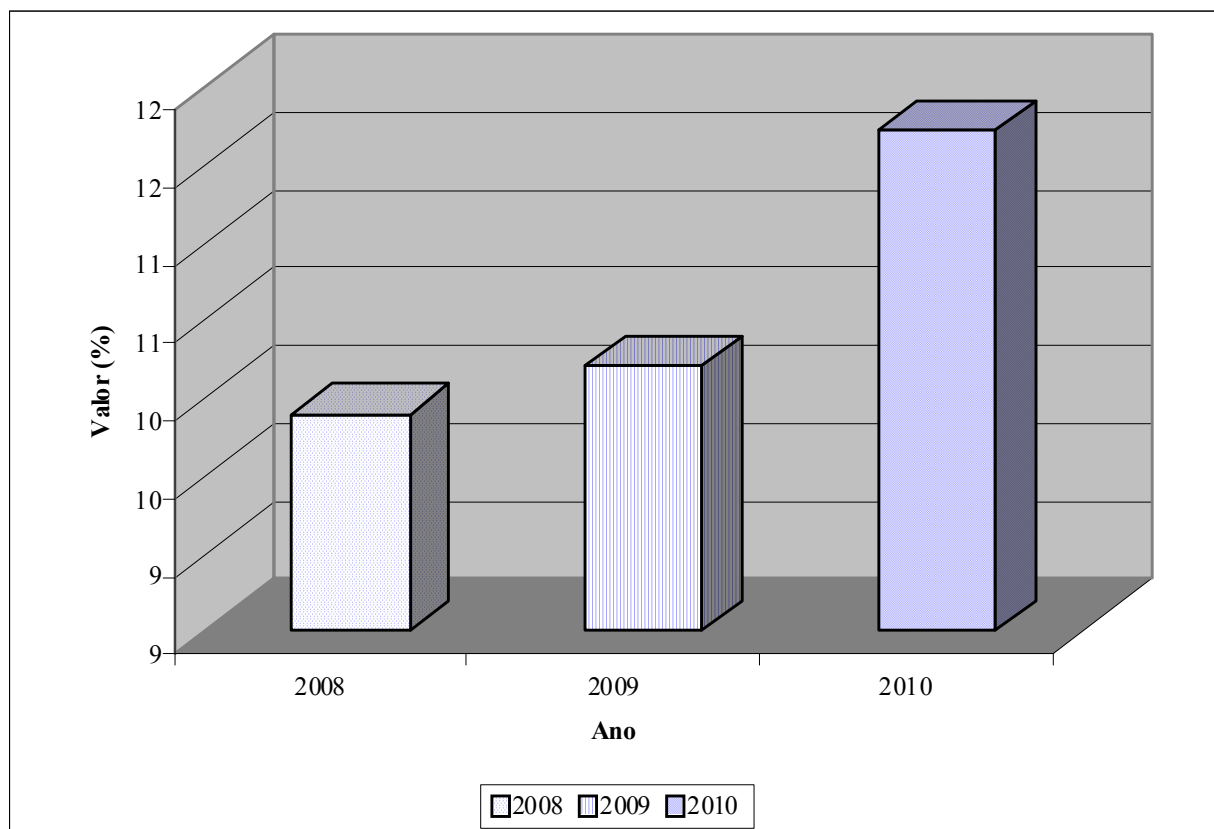


Figura 30 – Evolução do indicador perdas aparentes no subsistema em estudo.

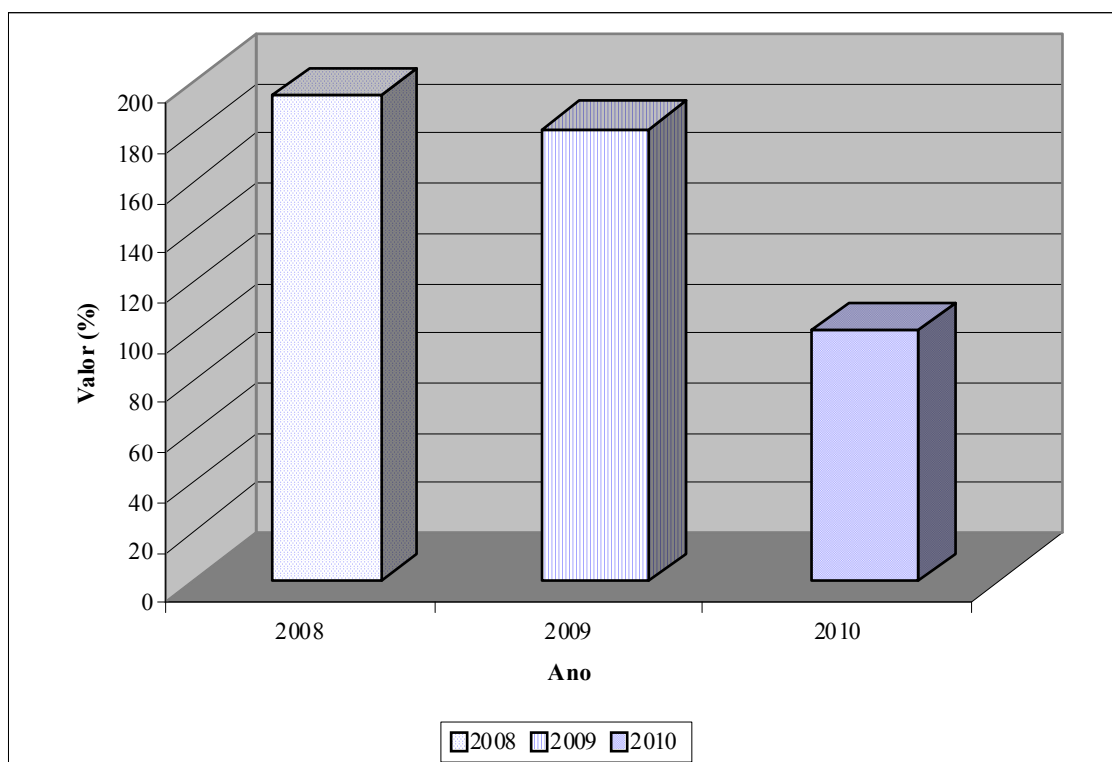


Figura 31 – Evolução do indicador perdas aparentes no subsistema em estudo

Ao analisarmos a figura 29, relativa ao indicador de perdas de água por ramal verificamos uma redução acentuada de 2009 para 2010, associada a uma exactidão relativamente boa, conforme se pode constatar na tabela 32.

Esta situação acompanhada pelo indicador das perdas reais por ramal, o que não implica que este valor se mantenha elevado, situação agravada pela exactidão apresentada na referida tabela, o que poderá indiciar um valor superior ao estimado.

Somente as perdas aparentes apresentam um aumento, o que poderá indicar a dificuldade que entidade gestora tem em controlar este tipo de perdas, o que é agravado pela banda de exactidão associada. Esta situação deve-se essencialmente ao uso fraudulento e a consumos ilícitos, não se devendo no entanto descurar a idade média do parque de contadores bem como a ausência de uma política de substituição/renovação.

Na figura 32 apresenta-se a evolução do indicador de água não medida.

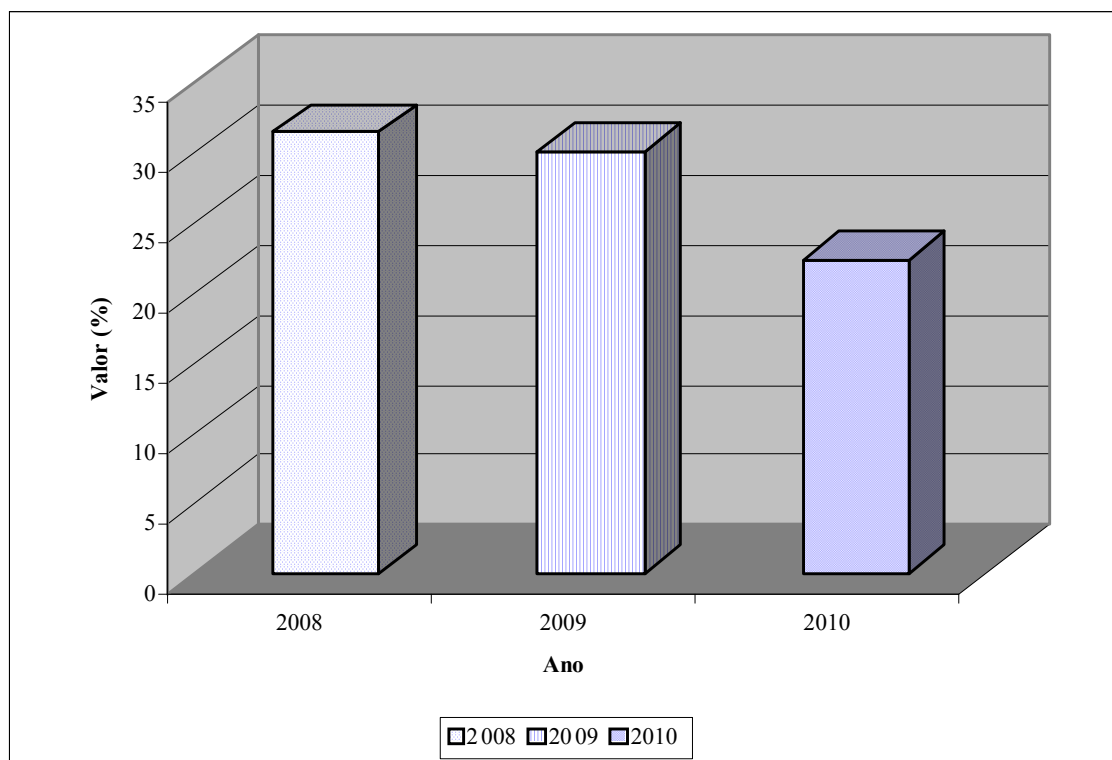


Figura 32 – Evolução do indicador água não medida no subsistema em estudo

O indicador referente à água não medida demonstra um decréscimo gradual entre 2008 e 2010, o que revela um esforço por parte da entidade gestora em controlar e medir toda a utilização que é feita da água que entra no subsistema em “baixa” da Nazaré.

Nas figuras 33 e 34 apresenta-se a evolução dos indicadores financeiros no subsistema em estudo.

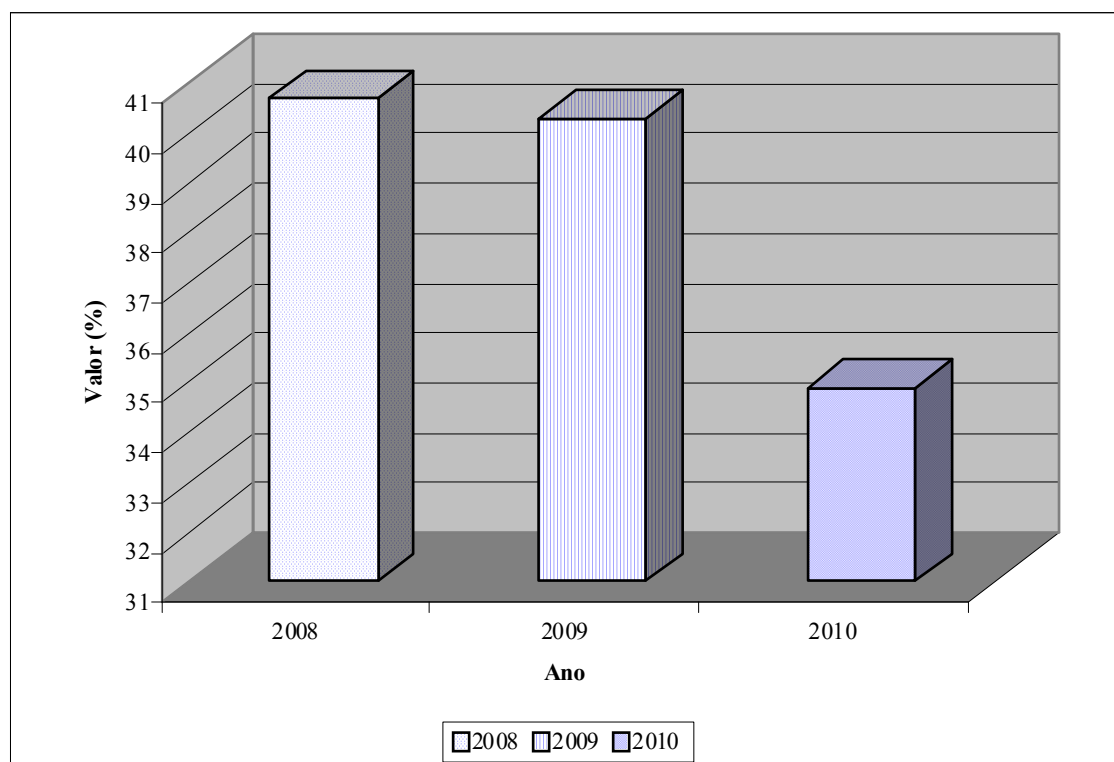


Figura 33 – Evolução do indicador água não facturada em termos de volume no subsistema em estudo.

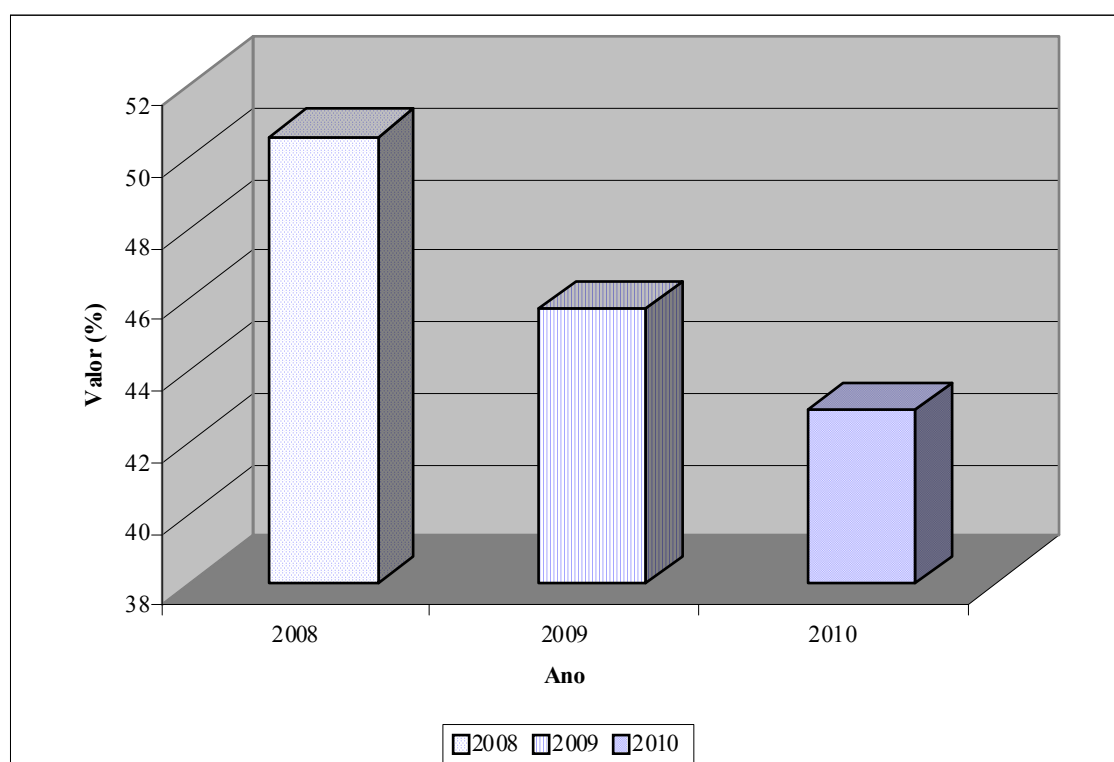


Figura 34 – Evolução do indicador água não facturada em termos de custo no subsistema em estudo

Ao analisarmos os indicadores de água não facturada, constatamos que apesar da diminuição ocorrida em ambos os casos, com maior destaque para a água não facturada em termos de custo, estes encontram-se muito acima do valor recomendado de 20% indicado pela ERSAR (2010), o que indica que existe um elevado subaproveitamento da água entrada no sistema.

Na figura 35 apresenta-se a evolução do indicador de desempenho ambiental no subsistema em estudo.

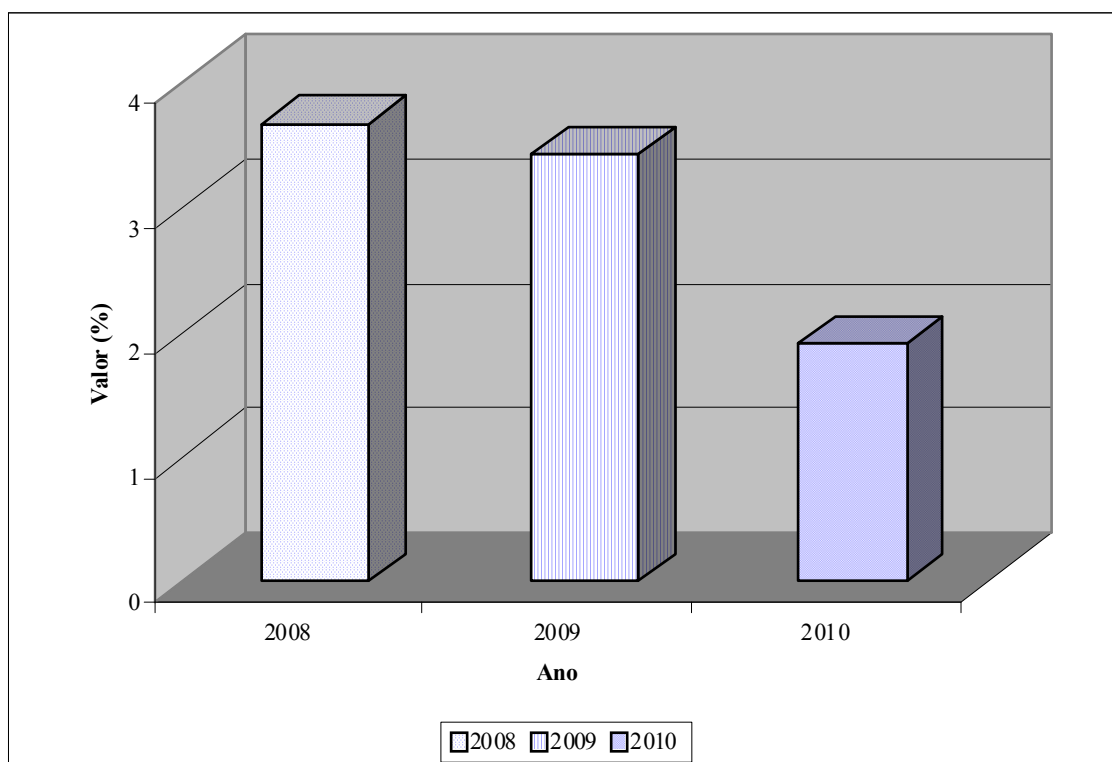


Figura 35 – Evolução do indicador índice infra-estrutural de fugas no subsistema em estudo.

O índice infra-estrutural de fugas (ILI) tem vindo a diminuir, tendo de acordo com World Bank Institute Banding, passado de uma Banda C para a Banda B, ou seja existe potencial para melhorias marcadas, tais como: gestão da pressão, melhores práticas activas do controlo de perdas e melhor manutenção da rede. Contudo, a exactidão apresentada na tabela 32 revela que o erro associado é elevado o que numa análise isolada e face ao grau de incerteza, esta redução não é relevante.

Assim, e face a tudo o que foi exposto, no subsistema de abastecimento de água em “baixa” da Nazaré, no período compreendido entre 2008 a 2010 o indicador de

ineficiência de utilização dos recursos hídricos tem vindo a diminuir, o que permitiu que o índice infra-estrutural de fugas (ILI) também diminuísse até um valor que demonstra que ainda existe potencial para melhorias marcadas, tais como: gestão da pressão, melhores práticas activas do controlo de perdas e melhor manutenção da rede.

Este aumento de eficiência deveu-se essencialmente aos seguintes factores: diminuição do tempo de resposta/reparação de roturas na via pública, controlo dos níveis dos reservatórios com recurso a telemetria, sensibilização dos funcionários, elaboração do cadastro de rede em SIG, elaboração de planos de manutenção de infra-estruturas, entre outros.

Ao analisarmos a evolução dos indicadores operacionais constatamos que as medidas adoptadas pela entidade gestora revelaram-se positivas, uma vez que houve um decréscimo do valor destes indicadores, com excepção do indicador das perdas aparentes.

A adopção das medidas acima referidas permitiu que as perdas de água diminuíssem de 31% em 2008 para 22% em 2010, que embora seja um valor acima da meta definida pela ERSAR, se assume como um valor bastante satisfatório face às carências da entidade gestora.

IV.2.4. Perdas Reais Identificadas

O sistema de distribuição da Nazaré contempla simultaneamente funções de adução e distribuição, embora seja recomendável calcular as perdas correspondentes ao transporte e à distribuição, o mesmo não é possível devido à ausência de equipamento que permitisse quantificar o volume de água distribuído e aduzido.

Perante esta situação e face à estrutura da rede de distribuição da Nazaré, bem como da delimitação dos subsistemas da mesma, a definição das áreas da rede a investigar foi efectuada com base numa abordagem “*bottom-up*” de acordo com os seguintes factores: frequência actual de roturas, idade e materiais da rede e condições de assentamento da tubagem.

As causas das roturas/anomalias foram agrupadas em três categorias:

- Naturais – idade, material e condições de assentamento;
- CMN – provocados por acção de elementos afectos à Câmara Municipal da Nazaré;

- Terceiros – provocados por empresas que operam no concelho da Nazaré.

Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados das intervenções efectuadas no subsistema de abastecimento de água em “baixa”, relativos a roturas ocorridas em ramais, condutas e hidrantes (bocas-de-incêndio; bocas-de-rega e marcos-de-incêndio), bem como a causa provável das roturas. Estes resultados foram obtidos através dos relatórios anuais da actividade da secção de águas.

Na figura 36 apresenta-se o número de intervenções ocorridas em 2008 no subsistema em estudo por tipo de rotura.

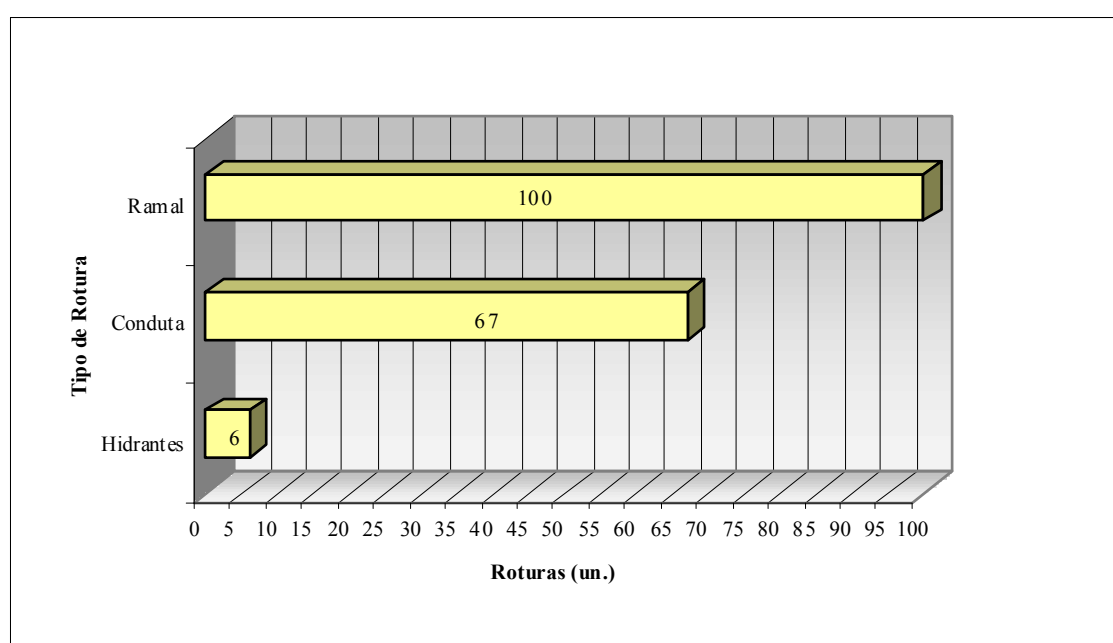


Figura 36 – Total de intervenções efectuadas por tipo de rotura no ano de 2008 no subsistema em estudo.

Do total de 173 intervenções efectuadas em 2008 no subsistema em “baixa” da Nazaré, 100 intervenções ocorreram em ramais de abastecimento o que se traduz em 57,8% do total de intervenções ocorridas. As intervenções devido a roturas em condutas contabilizaram 67 intervenções, o que corresponde a 38,7% do total de intervenções. As 6 intervenções efectuadas sobre os hidrantes traduzem-se em 3,5% do total de intervenções.

Na figura seguinte apresentam-se as intervenções efectuadas em 2008, categorizadas por tipo de rotura e pela causa.

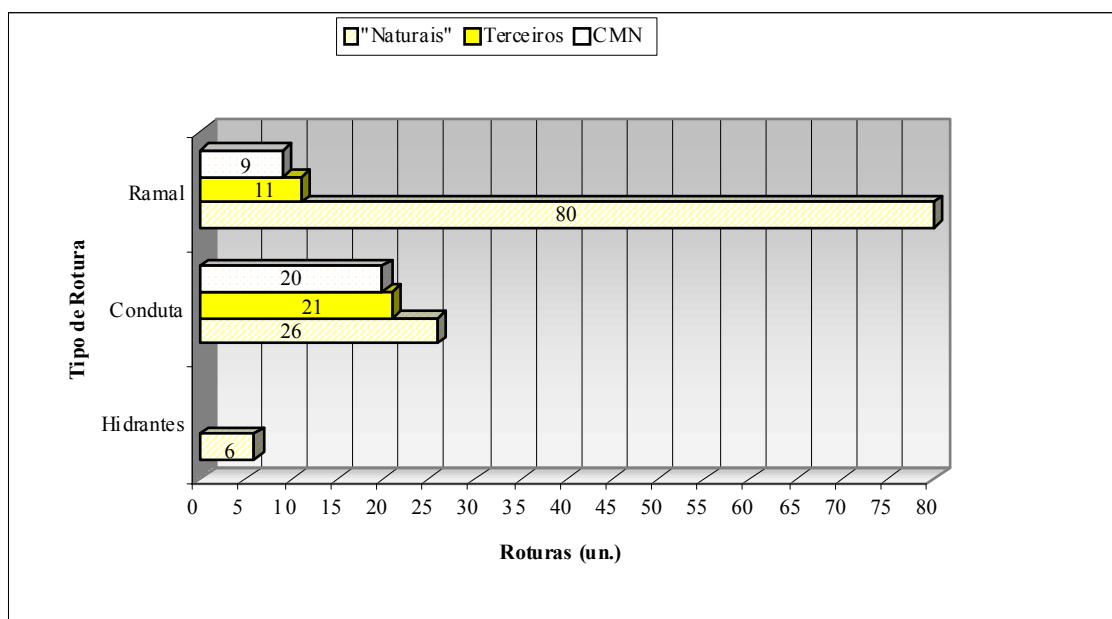


Figura 37 – Intervenções efectuadas no ano de 2008, categorizadas pelo tipo de rotura e pela causa.

Ao analisarmos a figura anterior constatamos que, em 2008, das 100 intervenções efectuadas sobre ramais, 80 intervenções ocorreram devido causas “naturais” ou seja 80% do total de intervenções efectuadas sobre este tipo de estrutura. Dentro das causas “naturais”, 74,7% das roturas estavam associadas à idade e à qualidade do material, 15,3% deveram-se às condições de assentamento da tubagem, e os restantes 10% estavam associados à qualidade dos acessórios aplicados.

Relativamente às condutas, das 67 intervenções efectuadas, 38,8% (26 intervenções) deveram-se a causas “naturais”. Dentro destas, 90% das roturas ocorridas tiveram origem na idade e no material da conduta, 7,6% das roturas ocorreram devido às condições de assentamento da tubagem e 2,4% das roturas deveram-se à qualidade dos acessórios de rede aplicados.

Na figura 38 apresenta-se o número de intervenções ocorridas em 2009 no subsistema em estudo por tipo de rotura.

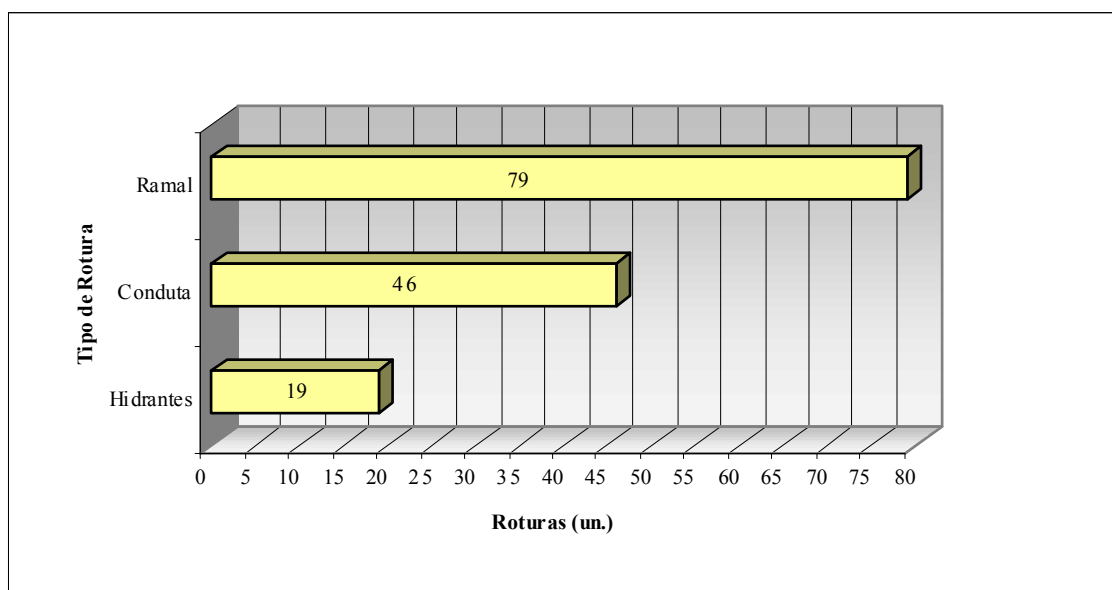


Figura 38 – Total de intervenções efectuadas por tipo de rotura no ano de 2009 no subsistema em estudo.

Do total de 144 intervenções efectuadas em 2009 no subsistema em “baixa” da Nazaré, 79 intervenções ocorreram em ramais de abastecimento o que se traduz em 54,8% do total de intervenções ocorridas. As intervenções devido a roturas em condutas contabilizaram 46 intervenções, o que corresponde a 31,9% do total de intervenções. As 19 intervenções efectuadas sobre os hidrantes traduzem-se em 13,9% do total de intervenções.

Na figura seguinte apresentam-se as intervenções efectuadas em 2009, categorizadas por tipo de rotura e pela causa.

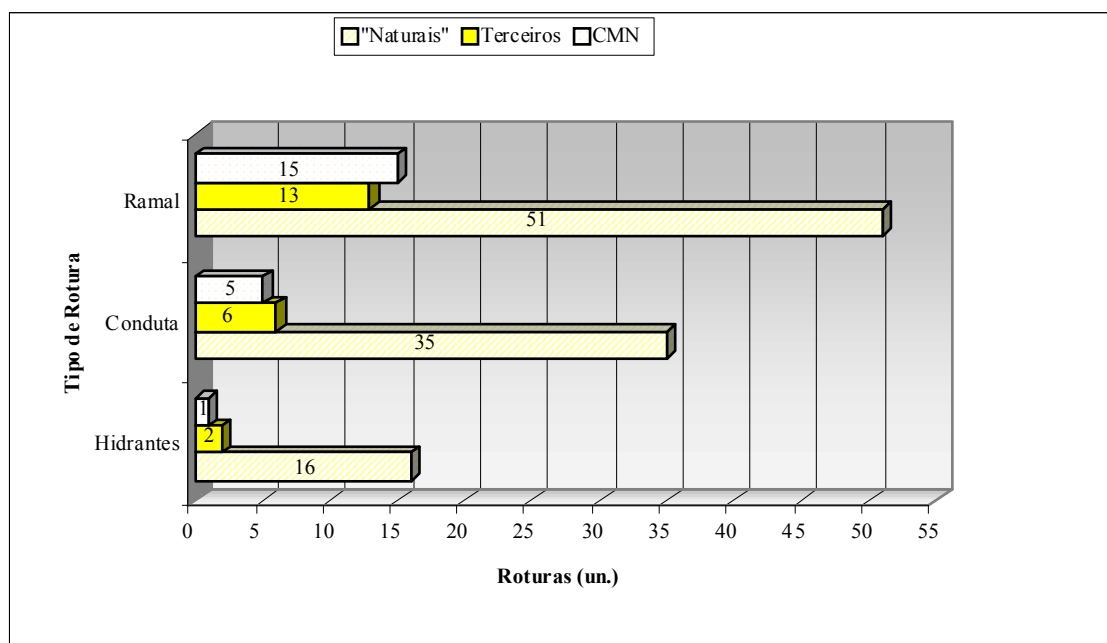


Figura 39 – Intervenções efectuadas no ano de 2009, categorizadas pelo tipo de rotura e pela causa.

Ao analisarmos a figura anterior constatamos que, em 2009, das 79 intervenções efectuadas sobre ramais, 51 intervenções ocorreram devido causas “naturais” ou seja 64,6% do total de intervenções efectuadas sobre este tipo de estrutura. Dentro das causas “naturais”, 83,2% das roturas estavam associadas à idade e à qualidade do material, 12,7% deveram-se às condições de assentamento da tubagem, e os restantes 4,1% estavam associados à qualidade dos acessórios aplicados.

Relativamente às condutas, das 46 intervenções efectuadas, 76,1% (35 intervenções) deveram-se a causas “naturais”. Dentro destas, 93% das roturas ocorridas tiveram origem na idade e no material da conduta, 4,2% das roturas ocorreram devido às condições de assentamento da tubagem e 2,8% das roturas deveram-se à qualidade dos acessórios de rede aplicados.

Na figura 40 apresenta-se o número de intervenções ocorridas em 2010 no subsistema em estudo por tipo de rotura.

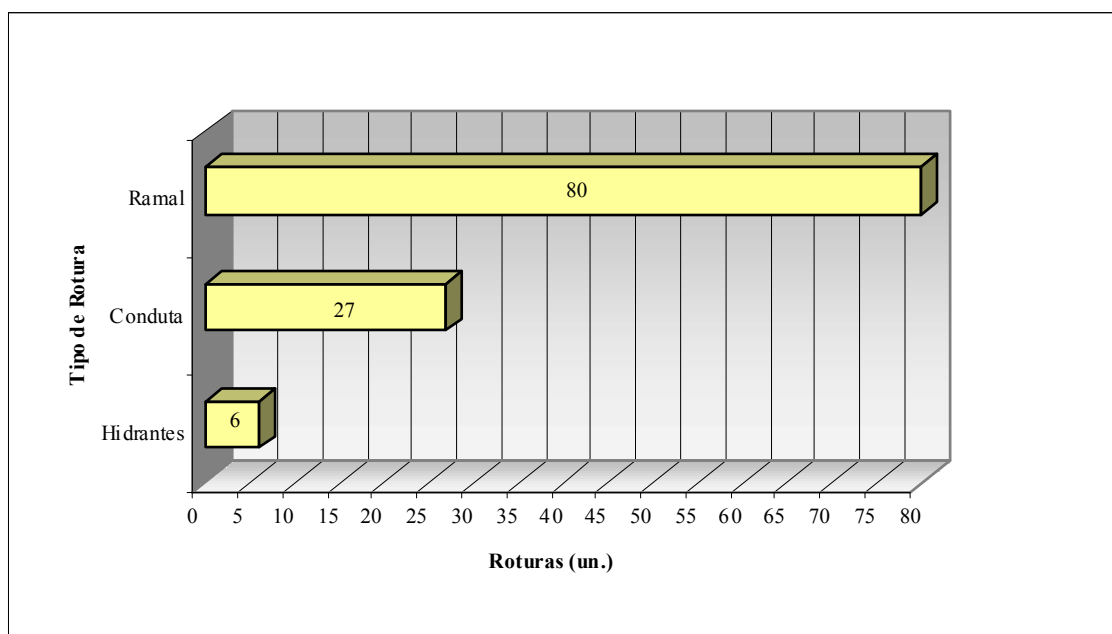


Figura 40 – Total de intervenções efectuadas por tipo de rotura no ano de 2010 no subsistema em estudo.

Do total de 113 intervenções efectuadas em 2010 no subsistema em “baixa” da Nazaré, 80 intervenções ocorreram em ramais de abastecimento o que se traduz em 71% do total de intervenções ocorridas. As intervenções devido a roturas em condutas contabilizaram 27 intervenções, o que corresponde a cerca de 24% do total de intervenções. As 6 intervenções efectuadas sobre os hidrantes traduzem-se em cerca de 5% do total de intervenções.

Na figura seguinte apresentam-se as intervenções efectuadas em 2010, categorizadas por tipo de rotura e pela causa.

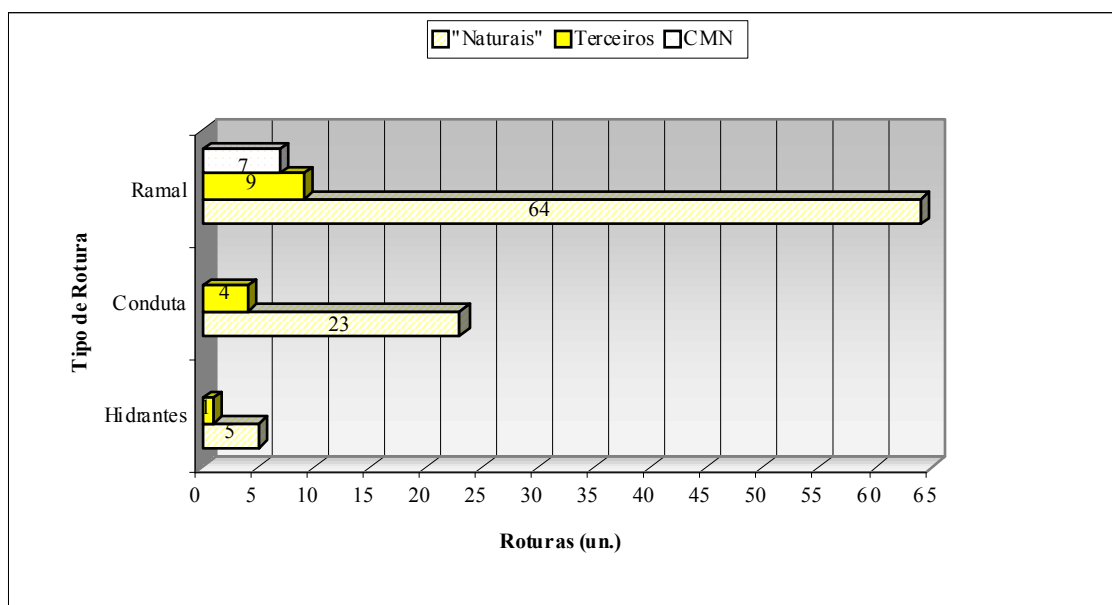


Figura 41 – Intervenções efectuadas no ano de 2010, categorizadas pelo tipo de rotura e pela causa.

Ao analisarmos a figura anterior constatamos que, em 2010, das 80 intervenções efectuadas sobre ramais, 64 intervenções ocorreram devido causas “naturais” ou seja 80% do total de intervenções efectuadas sobre este tipo de estrutura. Dentro das causas “naturais”, 93% das roturas estavam associadas à idade e à qualidade do material, 2,2% deveram-se às condições de assentamento da tubagem, e os restantes 4,6% estavam associados à qualidade dos acessórios aplicados.

Relativamente às condutas, das 27 intervenções efectuadas, 85% (23 intervenções) deveram-se a causas “naturais”. Dentro destas, 92% das roturas ocorridas tiveram origem na idade e no material da conduta, 3% das roturas ocorreram devido às condições de assentamento da tubagem e 5% das roturas deveram-se à qualidade dos acessórios de rede aplicados.

A distribuição das roturas classificadas como naturais é apresentada na tabela seguinte para cada zona de abastecimento de água do subsistema em “baixa” da Nazaré.

Tabela 33 – Distribuição das roturas com causas “naturais” por zona de abastecimento de água do subsistema em “baixa” da Nazaré. (Fonte: SMN)

Zona de Abastecimento	2008				2009				2010			
	Hidrantes	Conduta	Ramal	Total	Hidrantes	Conduta	Ramal	Total	Hidrantes	Conduta	Ramal	Total
Areal	1	9	24	34	4	4	7	15	1	2	16	19
Paliteira	2	4	10	16	2	9	7	18	0	8	14	22
Sítio	3	10	45	58	9	14	36	59	3	12	30	45
Sr. Anjos	0	3	1	4	1	8	1	10	1	1	4	6
Total	6	26	80	112	16	35	51	102	5	23	64	92

Na figura seguinte apresenta-se a distribuição percentual das roturas por zona de abastecimento do subsistema em “baixa” da Nazaré no ano de 2008.

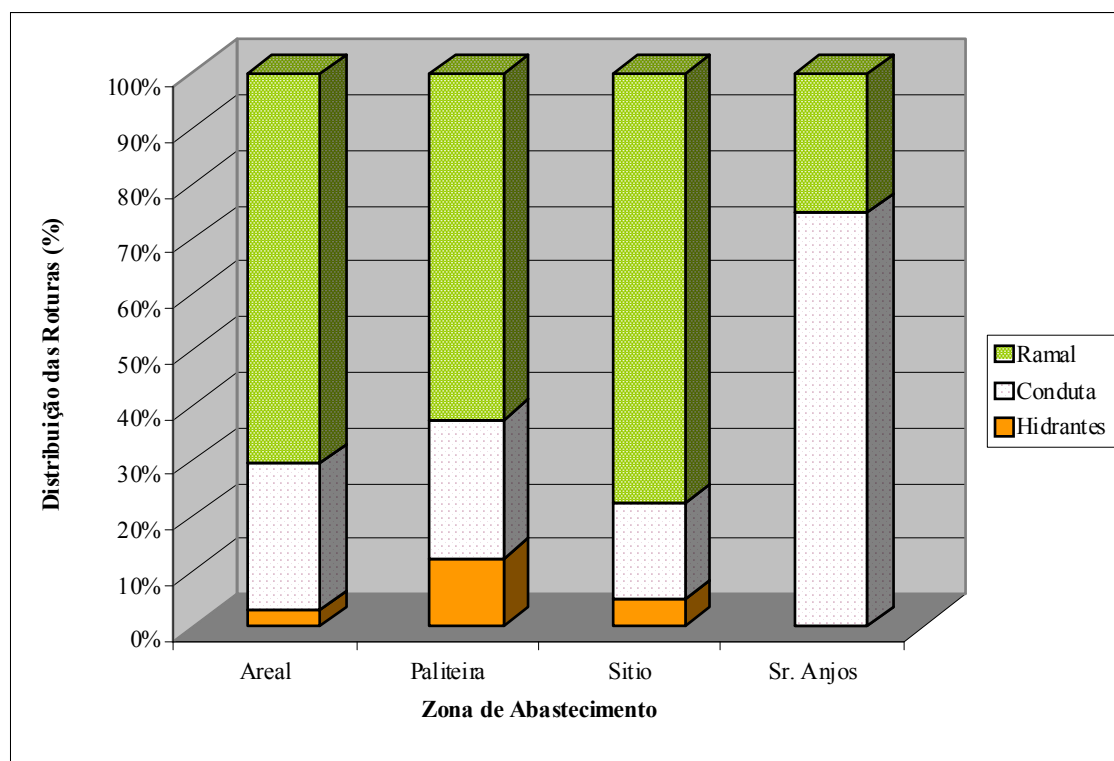


Figura 42 – Distribuição percentual das roturas por zona de abastecimento do subsistema em “baixa” da Nazaré no ano de 2008.

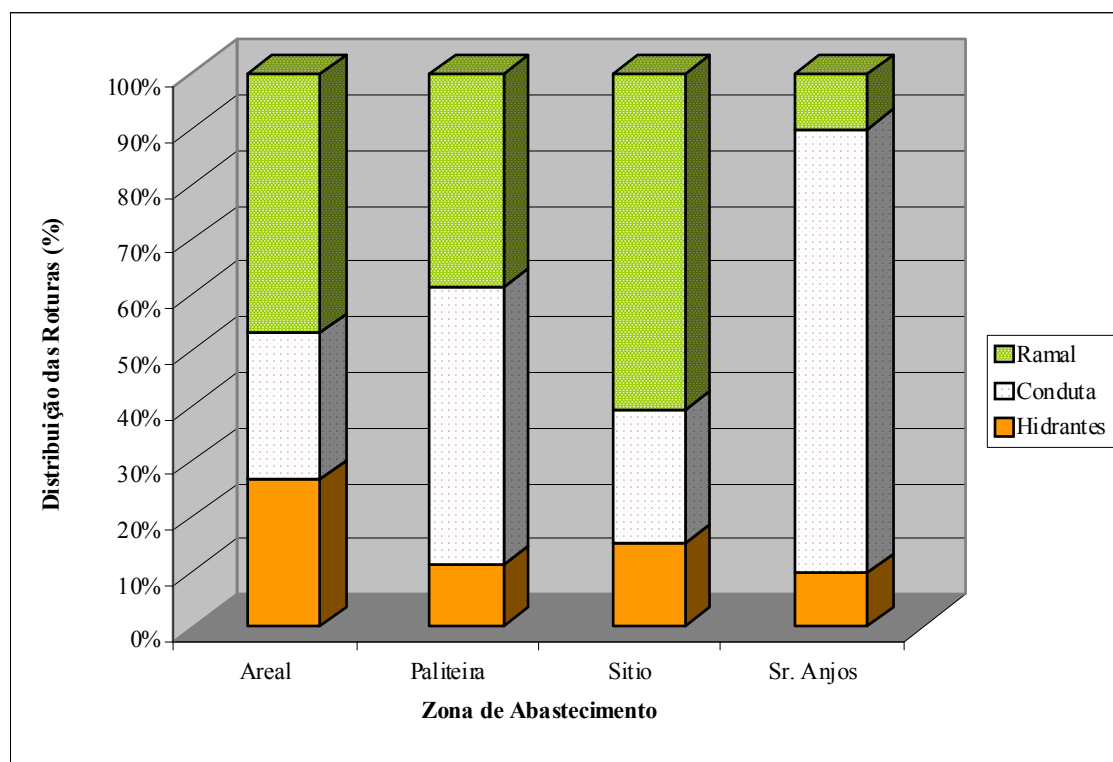


Figura 43 – Distribuição percentual das roturas por zona de abastecimento do subsistema em “baixa” da Nazaré no ano de 2009.

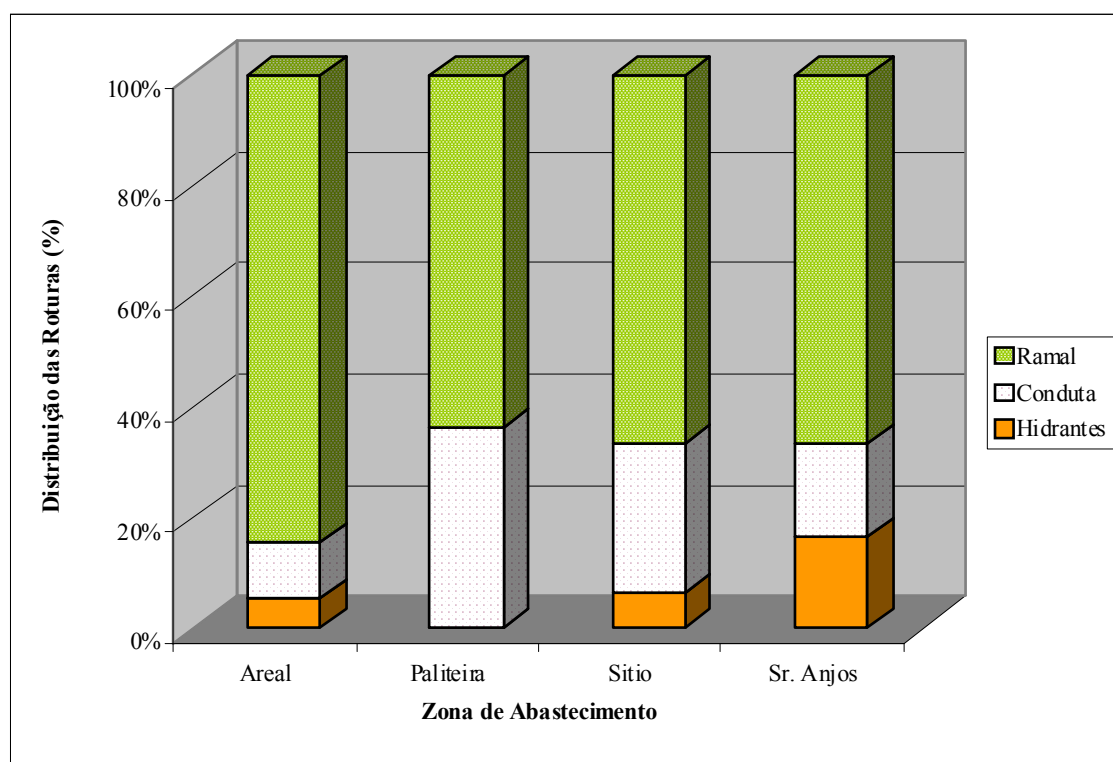


Figura 44 – Distribuição percentual das roturas por zona de abastecimento do subsistema em “baixa” da Nazaré no ano de 2010.

Através da análise da tabela 33, verifica-se uma diminuição no número de roturas entre 2008 e 2010, sendo possível observar que o maior número de roturas ocorre na zona de abastecimento do Sítio enquanto a zona de abastecimento da Sra. dos Anjos é aquela onde ocorre o menor número de roturas.

A zona de abastecimento do sítio é a maior zona do subsistema em “baixa” da Nazaré, sendo também aquele em que a idade média da rede é mais baixa, situando-se nos 15 anos, essencialmente devido a dois factores: recente renovação das zonas mais antigas e crescimento de novas urbanizações. Apesar destes factores, as roturas neste subsistema atingem, em 2010, cerca de 49% do total de roturas ocorridas. Consta-se pela análise das figuras anteriores que a maior percentagem de intervenções ocorrem em roturas em ramais. Estas roturas devem-se essencialmente a ter sido colocada tubagem inadequada para a pressão existente, à má qualidade do material colocado e ao deficiente assentamento da tubagem.

A zona de abastecimento da Paliteira configura-se como aquela cuja idade média da rede é mais elevada, situando-se nos 30 anos, ainda assim, as roturas neste subsistema representam cerca de 24% das roturas verificadas em 2010. Pela análise das figuras anteriores constatamos que as intervenções ocorridas 2008 e em 2010 se deveram a roturas em ramais. Neste sistema, e segundo o cadastro existente na entidade gestora, 90% das condutas instaladas são de fibrocimento, e os ramais em ferro galvanizado.

A zona de abastecimento do Areal representa cerca de 30% das roturas ocorridas em 2008 e 21% das roturas ocorridas em 2010 no subsistema em “baixa” da Nazaré, o que se explica pelo facto de abranger a zona histórica da vila da Nazaré, que apesar ter sido renovada na mesma época da zona de abastecimento do Sítio, a maioria dos ramais não foi sujeito a substituição sendo constituídos por ferro galvanizado, ou seja têm mais de 30 anos. Devido a esta situação, e de acordo com as figuras anteriores que a maior parte das intervenções nesta zona de abastecimento durante o período entre 2008 e 2010 ocorreram devido a roturas em ramais

O facto de a zona de abastecimento da Sra. dos Anjos ser relativamente recente, traduz-se na pouca contribuição desta para as roturas totais ocorridas no sistema de distribuição da Nazaré.

De referir que não foram consideradas nenhuma intervenções relacionadas com substituições de condutas e ramais pelo facto de no período entre 2008 e 2010, não terem sido efectuadas nenhuma intervenções com esse cariz.

IV.2.5. Perdas Aparentes

Como foi referido anteriormente as perdas aparentes correspondem ao volume associado a todos os tipos de imprecisões associadas às medições da água produzida e da água consumida, e ainda o consumo não autorizado (por furto ou uso ilícito).

O subsistema de em “baixa” da Nazaré serve 10.192 habitantes, e comporta 79,6% do total de contadores existentes no sistema de abastecimento do concelho da Nazaré, ou seja 10.103 contadores. Na tabela seguinte apresentam-se os dados relativos ao parque de contadores existentes em Dezembro de 2010.

Tabela 34 – Distribuição dos contadores existentes no subsistema em “baixa” da Nazaré em Dezembro de 2010. (Fonte: SMN)

Subsistema em "baixa"	Zona de Abastecimento	Contadores Instalados (un.)
Nazaré	Paliteira	848
	Areal	3.326
	Sra. dos Anjos	1.375
	Sítio	4.643
	Total	10.192

Analisando a tabela anterior verifica-se que dos 10.192 contadores instalados no subsistema em “baixa” da Nazaré, 45,6% dos contadores estão instalados na zona de abastecimento do Sítio, no extremo está a zona de abastecimento da Paliteira que comporta 8,32% dos contadores. Nota-se também que na zona de abastecimento do Areal estão instalados 32,6% dos contadores existentes no subsistema em estudo.

Os diâmetros dos contadores existentes em Dezembro de 2010 variam em 13mm e 100mm e tem uma idade média de 13 anos, ou seja existem muitos contadores que se encontram não conforme com o Decreto-Lei 71/2011 de 16 de Junho. Na tabela seguinte apresenta-se o número de contadores por diâmetro.

Tabela 35 – Diâmetro dos contadores existentes no subsistema em “baixa” da Nazaré em Dezembro de 2010. (Fonte: SMN)

Diâmetro (mm)	Quantidade (un.)	Distribuição (%)
13	2.089	20,50%
15	1.979	19,42%
20	5.951	58,59%
20x3	4	0,04%
20x5	72	0,71%
20x7	19	0,19%
25	7	0,07%
40	24	0,24%
50	14	0,14%
80	8	0,08%
100	5	0,05%

A análise dos diâmetros dos contadores na tabela anterior permite concluir que os contadores existentes no subsistema em “baixa” da Nazaré são na sua maioria domésticos, uma vez que a maioria dos contadores instalados são de baixo diâmetro ($\leq 20\text{mm}$).

Os dados fornecidos pelos Serviços Municipalizados da Nazaré revelam que 43% dos contadores existentes revelam estar não conforme o Decreto-Lei 71/2011 de 16 de Junho em termos de a idade legal (12 anos) de instalação sem inspecção periódica. Esta situação revela que grande parte das perdas aparentes poderá estar relacionada com a subcontagem associada ao deficiente funcionamento dos contadores instalados.

No que concerne à substituição do parque de contadores, em 2010 foram substituídos 355 contadores. A substituição de contadores é efectuada por informação dos funcionários afectos ao sector de leituras, não existindo uma política de substituição de contadores, conforme se pode constatar na figura seguinte.

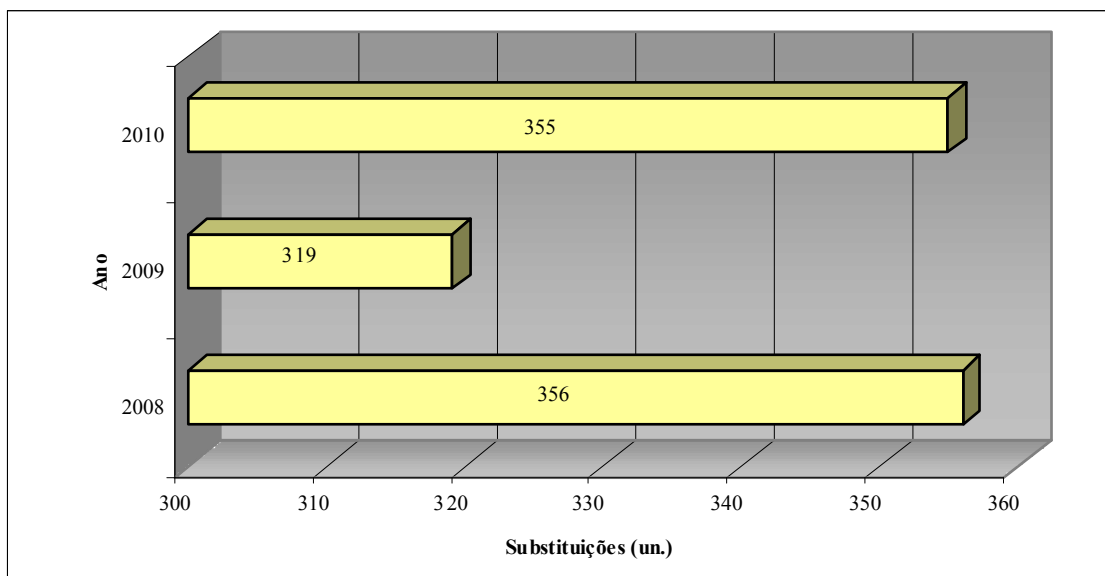


Figura 45 – Substituições de contadores efectuadas no período entre 2008 e 2010. (Fonte: SMN)

Verifica-se que o número de substituições efectuadas em 2008 e 2010 foram semelhantes. Os Serviços Municipalizados da Nazaré procedem à substituição dos contadores sempre que os funcionários detectem que os contadores se encontram parados ou danificados, não existindo uma política de substituição de contadores com base na idade dos mesmos

Outro aspecto que contribui para as perdas aparentes é o consumo não autorizado, sendo que o furto através das denominadas “ligações directas”, é a forma mais visível deste tipo de consumo.

No ano de 2010 foram detectadas 27 “ligações directas”, das quais 90% foram detectadas em obras.

Na figura seguinte apresentam-se os valores relativos ao número de ligações directas detectadas no período entre 2008 e 2010.

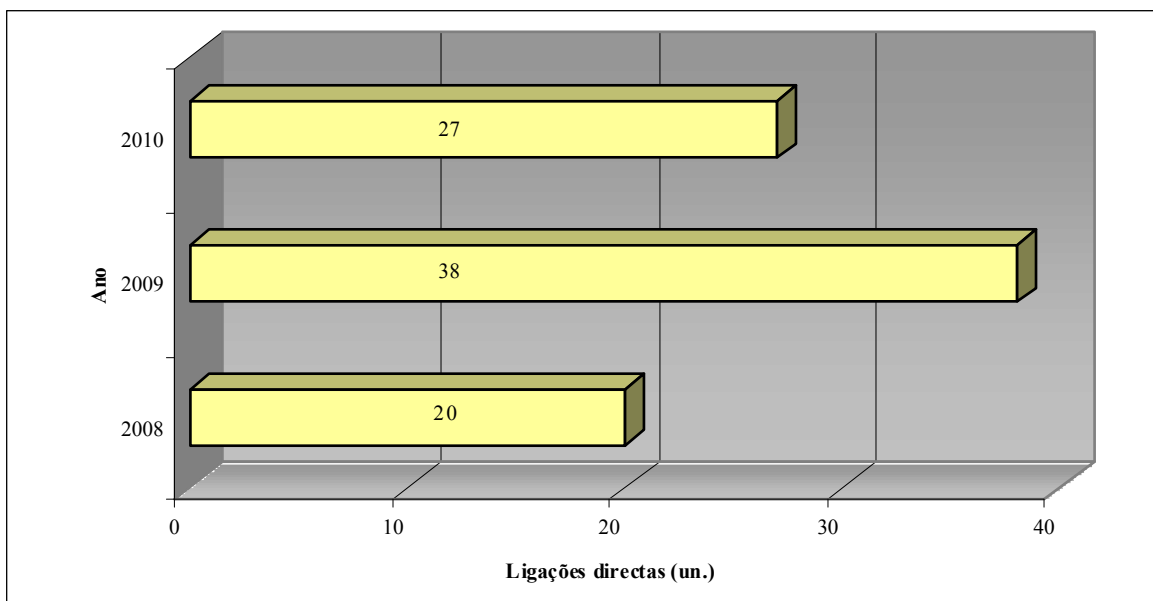


Figura 46 – Ligações directas detectadas no período entre 2008 e 2010. (Fonte: SMN)

Ao analisarmos a figura anterior constatamos que de 2009 para 2010 ocorreu um decréscimo do número de ligações directas detectadas pelos Serviços Municipalizados da Nazaré. Esta diminuição poderá estar relacionada com a diminuição das acções de fiscalização, em virtude da diminuição de funcionários.

IV.3. PLANO ESTRATÉGICO DE CONTROLO E REDUÇÃO DE PERDAS

Apesar de ter ocorrido uma redução de roturas em condutas e em ramais no período entre 2008 e 2010, com uma consequente redução do volume de perdas de água, embora o volume das perdas aparentes ter sofrido um aumento, é necessário que os Serviços Municipalizados da Nazaré, face à actual conjuntura económica, legal e social, fortaleçam as suas competências em termos gestão de modo a melhorar progressivamente o desempenho e eficiência da rede de distribuição de água, o que se poderá traduzir no aumento do equilíbrio económico-financeiro da entidade, assim como a preservação do recurso água.

Assim, e face a tudo o que foi exposto é necessário elaborar e aplicar um plano estratégico de controlo e redução de perdas no sistema de distribuição da vila da Nazaré, e se possível exportá-lo e adapta-lo aos restantes quatro sistemas do concelho da Nazaré.

Assim, o plano estratégico de controlo e redução de perdas deverá ser composto por três fases:

- Fase preliminar – nesta fase deverá ser reunida toda a informação relativa à rede de distribuição de água;
- Fase intermédia – nesta fase pretende-se elaborar planos de actuação em função dos dados recolhidos;
- Fase avançada – aplicação dos planos de actuação elaborados.

Após a aplicação dos planos de actuação, estes devem estar sujeitos a uma avaliação continua de modo a determinar a sua eficácia no controlo e redução de perdas, devendo ser adaptados/alterados sempre que se considere necessário.

Nas tabelas seguintes apresentam-se quais acções a desenvolver em cada uma das fases que compõem o referido plano estratégico de controlo e redução de perdas de água.

Tabela 36 – Fase preliminar do plano estratégico de controlo e redução de perdas.

Fase	Acção a desenvolver
Preliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar/actualizar/validar o cadastro da rede de distribuição de água; • Aplicar um sistema de informação geográfica ao cadastro da rede de distribuição de água; • Elaborar um mapa de pressões através da medição; • Elaborar um mapa de roturas; • Identificar os pontos de ligação entre os subsistemas; • Determinar o estado de conservação das infra-estruturas de rede; • Determinar o estado operacional das válvulas de seccionamento existentes; • Levantamento do parque de contadores, relativamente à idade, calibre e tipo de consumidor • Elaborar um mapa do parque de contadores, onde esteja claramente definido a zona de abastecimento onde se inserem;

Tabela 37 – Fase intermédia do plano estratégico de controlo e redução de perdas.

Fase	Acção a desenvolver
Intermédia	<ul style="list-style-type: none"> • Definir condutas principais e secundárias; • Elaborar um plano de substituição das válvulas de seccionamento que apresentam deficiências de operacionalidade (Ex. não fecha completamente) • Concepção das zonas de medição e controlo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Planeamento preliminar do sistema de medição zonada; ○ Simulação hidráulica através do EPANET ou INFRASIG; • Definir um plano de gestão de pressões: <ul style="list-style-type: none"> ○ Definir os pontos de instalação de válvulas redutoras de pressão; • Elaborar um plano de substituição do parque de contadores, adequando o calibre e caudal nominal do contador ao tipo de consumidor; • Definir pontos de abastecimento, sujeitos a medição, para a corporação de bombeiros, para os serviços municipais e outras entidades autorizadas; • Elaborar um plano de renovação/substituição da rede de distribuição de água, em função do mapa de roturas e das características das condutas e dos ramais (idade e material); • Definir os locais de instalação de caudalímetros à saída dos reservatórios; • Definir campanhas de sensibilização dos utilizadores; • Criar e formar uma equipa de controlo e detecção de fugas; • Criar e formar uma equipa de fiscalização.

Tabela 38 – Fase avançada do plano estratégico de controlo e redução de perdas.

Fase	Acção a desenvolver
Avançada	<ul style="list-style-type: none"> • Instalação da zona de medição e controlo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Selecção/aquisição de medidores e “<i>dataloggers</i>”; ○ Realização de obras de construção civil e instalação de medidores e “<i>dataloggers</i>”; • Instalação de caudalímetros à saída dos reservatórios: <ul style="list-style-type: none"> ○ Selecção/aquisição e instalação dos caudalímetros. • Telemetria: <ul style="list-style-type: none"> ○ Monitorização dos volumes horários aduzidos pelos reservatórios às redes de distribuição; ○ Comparação dos volumes horários com valores de referência; ○ Gestão das zonas de medição e controlo (interpretação de resultados). • Substituição do parque de contadores; • Substituição das válvulas de seccionamento definidas; • Instalar os pontos de abastecimento, sujeitos a medição, para a corporação de bombeiros, para os serviços municipais e outras entidades autorizadas; • Rápida localização e imediata reparação ou isolamento de roturas declaradas; • Pesquisa activa de fugas não declaradas; • Identificar e actuar sobre os usos ilícitos de água pela da equipa de fiscalização no terreno; • Campanhas de sensibilização; • Renovação/substituição/reabilitação de condutas e ramais.

Estas fases do plano estratégico têm como objectivo a implementação de uma solução definitiva e sustentável para o controlo e redução das perdas de água no sistema de distribuição da Nazaré. Contudo, a prioridade das acções a desenvolver na fase avançada será sempre definida em função da disponibilidade económica da entidade gestora, sendo expectável que opte por medidas de baixo custo como sendo a substituição gradual do parque de contadores. A rápida reparação de roturas e a gestão da pressão nos sectores onde esta não implique custos acima do custo de aquisição de uma válvula redutora de pressão.

A substituição/renovação/reabilitação da rede, pelo custo elevado que normalmente lhe está associado, deverá ser sempre considerada como uma solução de último recurso. Contudo, esta situação que não impede que se opte pela elaboração de um plano de manutenção de ramais de forma a cumprir o estipulado na legislação.

Apesar de não quantificado, é expectável que exista um elevado número de válvulas de seccionamento que operem de forma deficiente, pelo que a sectorização e posterior implementação de zonas de medição e controlo só será possível após a substituição destas válvulas. Contudo, esta situação não impede que se crie uma zona piloto num sector cujas válvulas se apresentem em boas condições de operacionalidade.

A substituição do parque de contadores apresenta a óbvia vantagem de reduzir a subcontagem e consequentemente reduzir o volume de perdas aparentes, apresenta também a vantagem de aumentar a facturação. Assim, será também de equacionar a instalação de contadores com telemetria, uma vez que permitem leituras mais viáveis e frequentes, leituras em locais de difícil acesso, eliminação de estimativas de consumo, facturação mais eficiente, redução de reclamações, melhor gestão do parque de contadores e controlo e operação de rede (auditoria às perdas de água e controlo das perdas reais).

V. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O controlo das perdas de água assume-se como um dever de todos, cabendo também a todos nós cuidar, gerir e preservar este bem escasso, utilizando-o de uma forma sustentável e dentro do estritamente necessário à nossa sobrevivência enquanto espécie, no sentido de assegurar a sua disponibilidade para todos os habitantes deste planeta.

Os sistemas de abastecimento de água que asseguram a produção e distribuição devem ser devidamente projectados e mantidos em boas condições, de modo a reduzir ao máximo o volume de água que se perde. As perdas económicas associadas às perdas de água reflectem-se na factura dos utilizadores, na medida em que, ao abrigo da legislação nacional, os custos reais reflectem-se na facturação. É com base neste cenário, que todos nós devemos desempenhar um papel activo no controlo das perdas de água, através da comunicação da localização de fugas de água, às entidades competentes, nomeadamente os serviços municipalizados.

Na última década foi realizado um grande investimento na expansão da rede de distribuição de água do subsistema em “baixa” da Nazaré, sobretudo devido ao sector da construção, tendo sido efectuada sem qualquer tipo de estudo hidráulico do funcionamento da rede existente, limitando-se acrescentar tubagens nas áreas de expansão do subsistema em “baixa”. Contudo, esta expansão não foi acompanhada pela melhoria na gestão e exploração do sistema de abastecimento de água, não tendo sido considerados alguns constrangimentos operacionais que dificultam a optimização de recursos, tais como: falta de manutenção de infra-estruturas, parque de contadores envelhecido, ausência de caudalímetros à saída dos reservatórios, ausência de um cadastro de rede, tubagem inadequada, ausência de fiscalização, entre outros.

Considerando que parte do custo de produção assume-se como factor não controlável e que existe a necessidade de realizar elevados investimentos para melhorar a qualidade de serviço através de uma gestão patrimonial com incidência sobre a manutenção infra-estrutural de todo o sistema de abastecimento, o controlo das perdas de água no sistema de distribuição da Nazaré assume-se como uma ferramenta fundamental para o equilíbrio económico-financeiro dos Serviços Municipalizados da Nazaré, enquanto entidade gestora.

O balanço hídrico efectuado para o subsistema em “baixa” da Nazaré permitiu contabilizar, a nível quantitativo e económico, as perdas de água. O programa utilizado constitui uma ferramenta essencial de apoio à avaliação da dimensão do problema das perdas de água.

Através do balanço hídrico determinou-se que o volume de perdas de água no subsistema em “baixa” da Nazaré atinge os 317.519 m³, dos quais 130.831 m³ (cerca de 41%) correspondem às perdas aparentes, e 186.688 m³ (aproximadamente 59%) correspondem às perdas reais, o que em termos totais significa que cerca de 22% da água que entra no sistema não é medida, ou seja perde-se. Denota-se também que 43% da água que entra no sistema não é facturada em termos de custo, o que implica que não exista receita proveniente desta água.

Ao longo deste trabalho foi possível constatar que o volume de perdas de água pode ser reduzido com as seguintes medidas: renovação/substituição/reabilitação de condutas e ramais domiciliários; controlo de pressões; a sectorização das redes; medição dos volumes de água que entram nos reservatórios; a vigilância e utilização de sistemas de detecção de fugas; actuação imediata em caso de fugas na via pública; a formação de pessoal; a realização de balanços hídricos; e o apoio aos utentes para a manutenção, reparação e eventual substituição de redes prediais; aumento da fiscalização; substituição de contadores parados e em submedição; campanhas de sensibilização para o problema das perdas; entre outras medidas que possam ser úteis na redução das perdas de água.

A aplicação do plano estratégico de controlo e redução de perdas, não implica que o processo termine, implica sim que exista uma avaliação constante das acções aplicadas, devendo sempre que necessário proceder-se a todos os ajustamentos, alterações ou até introdução de novas medidas de minimização das perdas.

Nenhum plano resultará sem o envolvimento de todos os colaboradores da entidade gestora, pelo que a formação e sensibilização destes assume-se como fundamental para o sucesso do combate às perdas de água.

Constatou-se também que uma boa gestão técnica do sistema de distribuição de água, obriga a que se faça uma recolha, processamento e arquivamento dos dados de uma forma sistemática e obedecendo a critérios claramente definidos. Contudo, nenhum plano, nenhuma medida, nenhuma acção irá apresentar resultados se não existir um

cadastro fidedigno de infra-estruturas que reflecta a composição do sistema de distribuição e o seu estado de conservação.

O objectivo deste trabalho foi alcançado pelo que os resultados deste estudo poderão vir a contribuir para uma abordagem mais correcta e tecnicamente sustentada do controlo de perdas de água no subsistema em “baixa” da Nazaré, e até mesmo em todo o sistema de abastecimento do concelho da Nazaré. Deverá

Como recomendação para estudos futuros será interessante aplicar o balanço hídrico e os indicadores de desempenho aos outros quatro subsistemas de abastecimento de água em baixa do concelho da Nazaré e determinar qual o método activo de redução de perdas mais indicado a cada um em função das suas características.

VI. BIBLIOGRAFIA

Alegres, H. (2002). *Modelos de simulação de sistemas de distribuição de Água – Métodos de avaliação e distribuição de consumos na rede*. Informação Técnica e Científica de Hidráulica (ITH 25). 2ª Edição, LNEC. Lisboa.

Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J.M. e Parena, R. (2004). *Indicadores de desempenho para serviços de água*. Série Guias Técnicos 1. 1ª Edição, IRAR e LNEC. Lisboa

Alegres, H., Coelho, S.T., Almeida, M.C. e Vieira, P. (2005). *Controlo de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição*. Série Guias Técnicos 3. 1ª Edição, IRAR, INAG e LNEC. Lisboa

Almeida, M., C., Vieira, P. e Ribeiro R. (2006). *Uso eficiente da água no sector urbano*. 1ª Edição, IRAR. Lisboa.

Baptista, J.M., Almeida, M.C., Vieira, P., Ribeiro, R., Moura e Silva, A., Fernando, R.M., Alves I., Cameira, M.R., Duarte, E. e Reis, I. (2001). *Programa nacional para o uso eficiente da água*. Versão preliminar, LNEC e ISA, Lisboa.

Baptista, J.M., Pássaro D. e Santos, R. (2005). *Evolução recente e perspectivas para os serviços urbanos de águas e resíduos em Portugal*. IRAR. Lisboa.

Barata A. (2006). *Poupar água, prevenir o futuro*. Quercus ANCN. Lisboa

Coelho, S. T., Loureiro, D. e Alegre, H., (2006). *Modelação e análise de sistemas de abastecimento de água*. 1ª Edição, IRAR. Lisboa

Conejo J., Lopes A. e Marcka, E.(1999). “*Programa nacional de combate ao Desperdício de Água – PNCD. Medidas de redução de perdas e elementos para planeamento.*” Presidência da República – Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano – Secretaria de Política Urbana. Brasília.

Costa A. (2007). *Controlo de perdas de água no sistema público de distribuição do concelho de Vila Real*. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Planeamento Municipal, UTAD. Vila Real.

Costa, A., Basto, J. e Fernandes, L. (2006). *Gestão sustentável dos recursos hídricos. A situação portuguesa e os desafios da união europeia*. Congresso do Douro. Zamora.

Covas, D. (1998). *Detecção e localização de fugas em redes de distribuição de água. Método de análise hidrodinâmica*. 1ª Edição, IST. Lisboa.

Covas, D. e Alegre, H., (2010). *Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação*. 1ª Edição, ERSAR. Lisboa.

Cruz, J. (2010). *Tarifários do serviço de abastecimento de água para utilizadores domésticos. Aplicação a um conjunto de entidades gestoras da região centro*. Dissertação de Mestrado em Economia Local, Universidade de Coimbra. Coimbra

Cunha, A. e Rodrigues C., (2011). *Apuramento de custos e proveitos dos serviços de águas e resíduos prestados por entidades gestoras em modelo de gestão directa*. 1ª Edição, Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa.

Câmara Municipal da Nazaré. (2007). *Rede social – Pré-diagnóstico do concelho da Nazaré*. CMN. Nazaré.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2010). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal – 2009*. ERSAR. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2011). *Relatório Anual do Sector de Águas e Resíduos em Portugal – 2010*. ERSAR. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2011). *Modelo de Regulamento do Serviço de Abastecimento Público de Água*. Versão Provisória, ERSAR. Lisboa.

Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. (2010). *Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados aos utilizadores – 2ª Geração*. 1ª Edição, ERSAR. Lisboa.

Fantozzi, M. e Lambert, A. (2005). *Recent advances in calculating economic intervention frequency for active leakage control, and implications for calculation of economic leakage levels*. IWA - International Conference on Water Economics, Statistics, and Finance. Rethymno (Greece).

Fantozzi, M.; Lalonde A.; Lambert, A. e Waldron, T. (2006). *Some international experiences in promoting the recent advances in practical leakage management*. Water Practice & Technology, Vol 1 N.º 2, IWA Publishing.

Farley, M. (2001). *Leakage management and control*. World Health Organization Geneva. Switzerland.

Henriques, J. D., Palma, J. C. e Ribeiro, A. S., (2006). *Medição de caudal em sistemas de abastecimento de água e de saneamento de águas residuais urbanas*. IRAR. Lisboa.

Instituto da Água. (2010). *Relatório do estado do abastecimento de água e do tratamento de águas residuais – Sistemas públicos urbanos (dados 2009)*. INAG. Lisboa.

Instituto Nacional de Estatística. (1991). *Recenseamento geral da população – Censos 1991*. INE. Lisboa.

Instituto Nacional de Estatística. (2001). *Recenseamento geral da população – Censos 2001*. INE. Lisboa.

Instituto Nacional de Estatística. (2011). *Recenseamento geral da população – Censos 2011*. INE. Lisboa.

Jacobi, P. (2006). *A água na Terra está se esgotando? É verdade que no futuro próximo teremos uma guerra pela água?* Disponível em: <http://www.geologo.com.br>. Acedido a 18/11/2011

Lambert, A. *et al*, (1999). *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. J. Water SRT – Aqua Vol. 48, nº6, pp 227-237.

Lambert, A., Brown, T., Takizawa, M. e Weimer, D. (2000). *A review of performance indicators for real losses from water supply systems*. Corrected final version, IWA/AQUA Publishing.

Lambert, A. e Lalonde A. (2005). *Using practical predictions of economic intervention frequency to calculate short-run economic leakage level, with or without pressure management*”. IWA Leakage 2005 Conference. Halifax (Canada).

Lima, J. P. *et al*; (2010). *Hidrologia urbana – Conceitos básicos*. 1ª Edição ERSAR. Lisboa.

Machado M.; Fernandes L. (2006). *Cálculo do balanço hídrico e indicadores de desempenho de perdas de água em 3 subsistemas da rede de abastecimento de Santa Marta de Penaguião*. Apresentado no V Congresso Ibérico da Água. Algarve.

Ministério do Ambiente e Ordenamento do Território (2002). “*Plano nacional da água – Volumes I e II*”. MAOT. Lisboa.

Moura E., Dias I., Silva J. e Silva F. (2004). *Abordagem sobre perdas de água em sistemas de abastecimento: breve explanação sobre os tipos e principais causas*. IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água.

Nações Unidas. (2010). *Resolução da assembleia-geral da ONU A/RES/64/292 – afirma que os direitos à água e ao saneamento fazem parte do direito internacional existente e confirma que esses direitos são legalmente vinculativos para os estados*. NU. Nova Iorque, EUA.

Oliveira, L. A. e Lopes, A. G. (2010). “*Mecânica dos fluidos*”. 3ª Edição, ETEP – Edições Técnicas Profissionais. Lisboa.

Paixão, M. A. (1999). *Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais*. 2ª Edição, Edições Orion. Amadora.

Peralta, E. et al (2011). *Proposta de delimitação dos perímetros de protecção de Águas Belas – Nazaré*. Serviços Municipalizados Nazaré. Nazaré.

Reis, I. (2009). *Eficiência hídrica ao nível da redução de perdas*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade de Aveiro. Aveiro

Rodrigo, C., Lopes, J. L., Saúde, M., Mendes, R. e Casimiro, R. (2007). *Controlo operacional em sistemas públicos de abastecimento de água*. 1ª Edição, IRAR. Lisboa.

Seago C., McKenzie, R. e Liemberger, R. (2005). *International Benchmarking of Leakage from Water Reticulation Systems*. IWA Leakage 2005 Conference. Halifax (Canada).

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2009). *Relatório de prestação de contas dos serviços municipalizados da Nazaré do ano de 2008*. SMN, Nazaré.

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2010). *Relatório de prestação de contas dos serviços municipalizados da Nazaré do ano de 2009*. SMN, Nazaré.

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2011). *Relatório de prestação de contas dos serviços municipalizados da Nazaré do ano de 2010*”. SMN, Nazaré.

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2009). *Relatório anual da actividade da secção de águas – ano de 2008*. SMN, Nazaré.

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2010). *Relatório anual da actividade da secção de águas – ano de 2009*. SMN, Nazaré.

Serviços Municipalizados da Nazaré. (2011). *Relatório anual da actividade da secção de águas – ano de 2010*. SMN, Nazaré.

Thortnton, J. (2002). *Water loss control manual*. 1ª Edition, McGrawHill. Columbus (USA).

Thortnton, J. e Lambert, A. (2005). *Progress in practical prediction of pressure: leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships*. IWA Leakage 2005 Conference. Halifax (Canada).

Vianna, R. e Junior, C. (2005). *Os Recursos de água doce no mundo – Situação, normalização e perspectiva*. Edição comemorativa dos 45 anos Direito/FURG. Rio Grande do Sul (Brasil).

Zimmermann, F; (2010). *Uso de indicadores de desempenho para planeamento e regulação dos serviços de abastecimento de água: SAA Capinzal/Ouro*. Florianópolis (Brasil)

Legislação:

Decreto-Lei n.º 309/93, de 2 de Setembro. *Diário da República n.º 206/93 – I Série*.
Ministério do Ambiente e Recursos Naturais. Lisboa.

Decreto-Lei 380/99 de 22 de Setembro. *Diário da República n.º 222/99 – I Série*.
Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 53/2000 de 7 de Abril. *Diário da República n.º 83/2000 – I Série*.
Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 112/2002 de 17 de Abril. *Diário da República n.º 90/2002 – I Série*.
Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 310/2003 de 10 de Dezembro. *Diário da República n.º 284/2003 – I Série*.
Ministério das Cidades, Ordenamento do Território e Ambiente. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 208/2007 de 29 de Maio. *Diário da República n.º 103/2007 – I Série*.
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto-Lei 306/2007 de 27 de Agosto. *Diário da República n.º 164/2007 – I Série*.
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 316/2007 de 19 de Setembro. *Diário da República n.º 181/2007 – I Série*.
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 107/2009 de 15 de Maio. *Diário da República n.º 94/2009 – I Série*.
Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa.

Decreto-Lei 194/2009 de 20 de Agosto. *Diário da República n.º 161/2009 – I Série*.
Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto-Lei n.º 277/2009 de 2 de Outubro. *Diário da República n.º 192/2009 – I Série*.
Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa.

Decreto-Lei 71/2011 de 16 de Junho. *Diário da República n.º 115/2011 – I Série*.
Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento. Lisboa.

Lei 58/2005 de 29 de Dezembro. *Diário da República n.º 249/2005 – I Série*.
Assembleia da República. Lisboa.

Lei 53-E/2006 de 29 de Dezembro. *Diário da República n.º 249/2006 – I Série*.
Assembleia da República. Lisboa.

Lei 02/2007 de 15 de Janeiro. *Diário da República n.º 10/2007 – I Série*. Assembleia da
República. Lisboa.

Lei 56/2007 de 31 de Agosto. *Diário da República n.º 168/2007 – I Série*. Assembleia
da República. Lisboa.

Lei 64-A/2008 de 31 de Dezembro. *Diário da República n.º 252/2008 – I Série*.
Assembleia da República. Lisboa.

Decreto Regulamentar 23/95 de 23 de Agosto. *Diário da República n.º 194/95 – I Série*.
Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações. Lisboa

Portaria 962/90 de 9 de Outubro. *Diário da República n.º 233/90 – I Série*. Ministério
da Indústria e Energia. Lisboa

Portaria 175/2010 de 23 de Março. *Diário da República n.º 57/2010 – I Série*.
Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa.

Sítios da Internet consultados:

www.adp.pt – Acedido a 28/11/2011
www.aeiou.expresso.pt/ - Acedido 18/11/2011
www.adna.com.pt – Acedido a 14/11/2011
www.cgf.janz.pt – Acedido a 14/11/2011
www.cm-nazare.pt – Acedido a 12/11/2011
www.ersar.pt – Acedido a 28/11/2011
www.dre.pr – Acedido a 10/11/2011
www.inag.pt – Acedido a 10/11/2011
www.ine.pt – Acedido a 12/11/2011
www.liemberger.cc Acedido a 18/11/2011.
www.mapadeportugal.net – Acedido a 13/11/2011
<http://www.presidencia.pt/> – Acedido a 29/11/2011
www.pt.wikipedia.org/wiki/Portugal – Acedido a 14/11/2011
www.ria.ua.pt/ – Acedido a 13/11/2011
www.un.org – Acedido a 12/11/2011
www.opcaopmemais.com – acedido a 27/04/2012
www.aeportugal.pt – acedido a 27/04/2012